



**TUGAS AKHIR – MO.141326**

**ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR HALUAN KAPAL  
SURVEI SEISMIK GEOMARIN IV TERHADAP BEBAN  
SLAMMING DAN GREENWATER**

**IMRAN AHMAD**

**NRP. 4312100128**

**Dosen Pembimbing :**

**Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ph.D**

**Ir. Mas Murtedjo M. Eng**

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT – MO.141326**

**STRENGTH ANALYSIS OF BOW STRUCTURE ON  
SEISMIC SURVEY VESSEL GEOMARIN IV DUE TO  
SLAMMING AND GREENWATER LOADS**

**IMRAN AHMAD**

**NRP. 4312100128**

**Supervisors :**

**Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ph.D**

**Ir. Mas Murtedjo M. Eng**

**DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING**

**Marine Technology Faculty**

**Institut Teknopember**

**Surabaya 2016**

**Analisis Kekuatan Struktur Haluan Kapal Survei Seismik  
Geomarin IV Terhadap Beban *Slamming* dan *Greenwater***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Imran Ahmad**

NRP. 4312 100 128

Disetujui oleh:

1. Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ph.D (Pembimbing 1)

2. Ir. Mas Murtedjo M. Eng (Pembimbing 2)

3. Rudi Walujo Prastianto, S.T, M.T., Dr. Eng. (Penguji 1)

4. Ir. J. J. Soedjono M. Sc (Penguji 2)

5. Agro Wisudawan S.T, M.T (Penguji 3)

6. Sujantoko, S.T, M.T (Penguji 4)

SURABAYA, JULI 2016

# **ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR HALUAN KAPAL SURVEI SEISMIC *GEOMARIN IV* TERHADAP BEBAN *SLAMMING* DAN *GREENWATER***

Nama Mahasiswa : Imran Ahmad

NRP : 4312100128

Jurusan : Teknik Kelautan FTK-ITS

Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ph.D

Ir. Mas Murtedjo M. Eng

Dalam tugas akhir ini telah dilakukan kajian kekuatan struktur haluan kapal survei seismik *Geomarin IV* terhadap beban *slamming* dan *greenwater*. Kajian diawali dengan analisis gerakan kapal pada tiga kondisi, yaitu tanpa pengoperasian *streamer* serta dengan pengoperasian *streamer* pada kondisi pembebanan *full load* dan *light load*. Analisis gerakan pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dilakukan dengan menggunakan *software Maxsurf* dan pada kondisi pengoperasian *streamer* dilakukan dengan menggunakan *software ORCAFLEX*. Hasil dari analisis gerakan kemudian digunakan untuk mendapatkan gerak relatif vertikal haluan pada titik tinjau tertentu pada daerah haluan kapal. RAO gerak relatif vertikal haluan akan ditransformasikan mejadi karakteristik di gelombang acak, yaitu dengan melakukan analisis spektra. Selanjutnya dilakukan komputasi untuk memprediksi peluang terjadinya *slamming* dan *greenwater*, intensitas terjadinya *slamming* dan *greenwater*, serta besarnya tekanan *slamming* pada alas haluan dan tekanan *greenwater* pada geladak haluan. Hasil komputasi menunjukan tekanan terbesar akibat *slamming* mencapai 42.34 kPa dan tekanan terbesar akibat *greenwater* sebesar 3.6 kPa. Berdasarkan tekanan tersebut telah dilakukan analisis kekuatan struktur haluan dan didapatkan tegangan maksimum pada struktur alas haluan sebesar 27.57 MPa dengan deformasi 0.37 mm dan tegangan maksimum pada struktur geladak haluan sebesar 95.32 MPa dengan deformasi 3.09 mm. Hasil ini masih lebih kecil jika dibandingkan dengan tegangan ijin dan deformasi yang dianjurkan oleh ABS yaitu 223.25 MPa serta BKI dengan tegangan ijin 195.83 Mpa. Dengan demikian konstruksi alas dan geladak haluan kapal survei seismik *Geomarin IV* aman terhadap beban *slamming* dan *greenwater*.

*Kata Kunci – Kapal survei seismik , Slamming, Greenwater, Kekuatan struktur haluan*

## ABSTRACT

### STRENGTH ANALYSIS OF BOW STRUCTURE ON SEISMIC SURVEY VESSEL GEOMARIN IV DUE TO SLAMMING AND GREENWATER LOADS

*Name of Student* : Imran Ahmad  
*REG* : 4312100128  
*Department* : Department of Ocean Engineering, Marine Technology  
Faculty, ITS  
*Supervisors* : Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ph.D  
Ir. Mas Murtedjo M. Eng

This final project is focused on the study about the strength of the bow structure of seismic survey vessel *Geomarin IV* due to slamming and greenwater loads. This analysis begins with analyzing ship motion in three conditions, namely with and without streamer of full load and light load loading condition. Motion analysis without streamer is generated by Maxsurf Motion software while the motion analysis with streamer installed is generated by time domain simulation software. The results of these analysis are then used to obtain relative vertical bow motion at reference point on the bow area of the vessel. RAO of relative vertical bow motion will be transformed to derive the characteristic in random waves, by applying the spectral analysis. Then computation is performed to predict probabilities of slamming and greenwater, occurrences of slamming and greenwater, and slamming pressure at the bottom of bow structure and greenwater pressure at the deck of bow structure. The result from computation show that the pressure due to slamming reached 42.34 kPa dan the pressure due to greenwater reached 3.6 kPa. Based on these pressures, strength analysis of the bow structure was then performed. And the result showed the maximum stress at bottom of bow structure is about 27.57 MPa with deformation 0.37 mm and the maximum stress at a deck of bow structure is about 95.32 Mpa with deformation 3.09 mm. These findings are acceptable if compared to the allowable stress from ABS and BKI which are 223.25 Mpa and 195.83 Mpa. In conclusion it could be considered that the bottom and deck construction of bow structure of *Geomarin IV* is safe from slamming and greenwater loads.

*Key words* – survey seismic vessel , Slamming, Greenwater, strength of the bow structure

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur penulis sampaikan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah dan karunia Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Sholawat serta salam juga penulis haturkan kepada junjungan seluruh umat manusia Rasulullah Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini berjudul **“ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR HALUAN KAPAL SURVEI SEISMIC *GEOMARIN IV* TERHADAP BEBAN *SLAMMING* DAN *GREENWATER*”**. Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tugas Akhir ini membahas tentang analisis kekuatan struktur haluan pada Kapal Survei Seismik *Geomarin IV* terhadap pengaruh beban *slamming* dan *greenwater*.

Saya menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga saya sangat mengharapkan kritik dan saran dari pihak lain. Akhir kata saya berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang rekayasa kelautan serta bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam pengerjaan Tugas Akhir hingga selesainya Tugas Akhir ini . Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayah dan Ibu yang senantiasa memberikan doa dan memberikan dukungan kepada saya. Tugas Akhir ini saya persembahkan khusus untuk kedua orang tua saya.
2. Bapak Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing I dan Bapak Ir. Murtedjo M.Eng selaku dosen pembimbing II dalam Tugas Akhir yang selalu mendampingi dan memberikan bimbingan kepada saya dalam proses pengerjaan proposal hingga analisis Tugas Akhir ini. Terima kasih atas bimbingan, ilmu serta dukungan kepada saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Murdjito, M.Sc.Eng selaku dosen wali saya yang senantiasa membantu saya dan membimbing saya selama proses perkuliahan di Jurusan Teknik Kelautan.
4. Bapak Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto ST. MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS Surabaya periode 2015-2019.
5. Mas Yuda (P-48), Mas Rachman, Mas Bagus, Mas Dion dan seluruh karyawan PT. Citra Mas Surabaya yang telah membantu saya dalam proses penyelesaian Tugas Akhir baik bantuan data hingga proses pengolahan data.
6. Saudara Pramono selaku mentor yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini
7. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Kelautan ITS yang telah memberikan ilmu, bantuan dan fasilitas kepada saya selama menjalani perkuliahan.

Serta semua pihak yang telah membantu namun tidak bisa saya sebutkan satu-persatu. Terima kasih atas bantuan, motivasi dan doanya sehingga saya mampu maju hingga sejauh ini dan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Allah melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua. Amin.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
1.6 Sistematika Laporan .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	9
2.1 Tinjauan Pustaka .....	9
2.2 Dasar Teori .....	10
2.2.1 Kapal Survei Seismik .....	10
2.2.2 Teori Gerakan Bangunan Apung .....	11
2.2.3 Gerakan <i>Surge</i> Murni .....	13
2.2.4 Gerakan <i>Sway</i> Murni .....	13
2.2.5 Gerakan <i>Heave</i> Murni .....	14
2.2.6 Gerakan <i>Roll</i> Murni .....	16
2.2.7 Gerakan <i>Pitch</i> Murni .....	17
2.2.8 Gerakan <i>Yaw</i> Murni .....	20
2.2.9 Gerakan Struktur Terapung dalam 6 Derajat Kebebasan .....	21
2.2.10 Gerakan <i>couple heave</i> dan <i>pitch</i> .....	22
2.2.11 Gerakan vertikal haluan .....	33



2.2.12.	Gerak vertikal haluan relatif .....	35
2.2.13.	Response Amplitude Operators (RAO) .....	35
2.2.14.	Karakteristik RAO Gerak Relatif Vertikal Haluan .....	37
2.2.15	Spektrum Gelombang .....	39
2.2.16	Spektra Respon .....	40
2.2.17	Teori Slamming .....	41
2.2.18	Teori Greenwater .....	44
2.2.19	Tegangan normal .....	48
2.2.20.	Tegangan geser .....	49
2.2.21.	Tegangan <i>von mises</i> .....	50
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		53
3.1.	Diagram Alir .....	53
3.2.	Prosedur Penelitian .....	55
3.3.	Pengumpulan Data .....	58
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		63
4.1	Pemodelan Struktur .....	63
4.1.1	Pemodelan Kapal Survei Seismik Geomarin IV .....	63
4.2.	Lines Plan .....	63
4.3.	Hidrostatik .....	64
4.4.	Response Amplitude Operator (RAO) .....	65
4.4.1.	RAO Kapal Survei Seismik Geomarin IV Kondisi Tanpa Penarikan <i>Streamer</i> .....	66
4.4.2.	Pemodelan Konfigurasi Peralatan Survei Seismik pada Kapal .....	68
4.5.	Analisis Gerakan Kapal Kondisi Operasi Survei Seismik .....	72
4.5.1.	RAO pada Operasi Survei Seismik pada Kondisi Full load .....	72
4.5.2.	RAO pada Operasi Survei Seismik pada Kondisi <i>Lightload</i> .....	73
4.6.	Gerakan Relatif Vertikal Haluan .....	75
4.7.	Simulasi Gerakan Kapal pada Gelombang Reguler .....	78
4.8.	Respon Spektra .....	86
4.9.	Perhitungan Slamming .....	88
4.10.	Perhitungan Greenwater .....	92
4.11.	Analisis Kekuatan Struktur Alas Bagian Haluan terhadap Beban <i>Slamming</i> .....	94
4.11.1.	Pemodelan Struktur Alas Bagian Haluan .....	94
4.11.2.	Pembebanan Pada Model .....	95

4.11.3.	Kondisi Batas Pada Model .....	96
4.11.4.	Meshing Pada Model .....	97
4.11.5.	Analisis Tegangan Struktur Alas Bagian Haluan .....	98
4.12.	Analisis Kekuatan Struktur Geladak Haluan terhadap Beban <i>Greenwater</i> .....	100
4.12.1.	Pemodelan Struktur Geladak Bagian Haluan .....	100
4.12.2.	Pembebanan Pada Model.....	102
4.12.3.	Kondisi Batas Pada Model .....	103
4.12.4.	Meshing Pada Model .....	103
4.12.5.	Analisis Tegangan Struktur Geladak Bagian Haluan .....	104
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		107
5.1	Kesimpulan .....	107
5.2.	Saran .....	109
DAFTAR PUSTAKA.....		111

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kapal penelitian dan survei <i>Geomarin III</i> .....	2
Gambar 2. 1 Ilustrasi Survei Seismik yang dilakukan oleh Kapal Survei Seismik .....	10
Gambar 2.2 Enam derajat kebebasan (6 mode gerakan bebas).....	12
Gambar 2.3 Ilustrasi Gerakan <i>Surge</i> .....	13
Gambar 2.4 Ilustrasi Gerakan <i>Sway</i> .....	14
Gambar 2.5 Ilustrasi Gerakan <i>Heave</i> .....	14
Gambar 2.6 Ilustrasi Gerakan <i>Roll</i> .....	17
Gambar 2.7 Ilustrasi Gerakan <i>Pitch</i> .....	20
Gambar 2.8 Ilustrasi Gerakan <i>Yaw</i> .....	20
Gambar 2.9 Gerakan struktur terapung.....	34
Gambar 2.10 Bentuk umum grafik respons gerakan bangunan apung .....	36
Gambar 2.11 Pola grafik RAO gerakan relatif vertikal haluan .....	38
Gambar 2.12 Struktur pada gelombang panjang .....	38
Gambar 2.13 Struktur pada gelombang pendek .....	39
Gambar 2. 14 Transformasi Spektra Gelombang menjadi Spektra Respons .....	41
Gambar 2.15 Pengaruh perbedaan fase antara gelombang dan gerak.....	45
Gambar 2.16 ilustrasi tegangan aksial .....	48
Gambar 2.17 ilustrasi tegangan bending .....	49
Gambar 2.18 ilustrasi tegangan geser .....	49
Gambar 2.19 6 komponen tegangan pada suatu penampang 3 dimensi.....	50
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir .....	53
Gambar 3.2 Diagram alir pengerjaan tugas akhir (lanjutan) .....	49
Gambar 3.3 General Arrangement Kapal Survei Seismik Geomarin IV .....	58
Gambar 3.4 Construction Profile Kapal Survei Seismik Geomarin IV bagian haluan tampak samping.....	59
Gambar 3.5 Construction Profile Kapal Survei Seismik Geomarin IV bagian haluan tampak atas .....	60
Gambar 4. 1 Pemodelan kapal dengan menggunakan Maxsurf Modeler .....	63
Gambar 4.2 Lines Plan Kapal Survei Seismik Geomarin IV .....	64

Gambar 4.3 Grafik RAO gerakan <i>Heave</i> pada kondisi tanpa penarikan <i>streamer</i> .....	66
Gambar 4.4 Grafik RAO gerakan <i>pitch</i> pada kondisi tanpa penarikan <i>streamer</i> .....	67
Gambar 4.5 sketsa konfigurasi peralatan survei seismik.....	68
Gambar 4.6 Gambar tampak atas pemodelan perangkat survey seismik beserta kapal .....	70
Gambar 4.7 Gambar tampak samping pemodelan perangkat survey seismik beserta kapal .....	71
Gambar 4.8 Gambar Tampak 3D pemodelan perangkat survey seismik beserta kapal .....	71
Gambar 4.9 Grafik RAO gerakan <i>Heave</i> pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>full load</i> .....	72
Gambar 4.10 Grafik RAO gerakan <i>pitch</i> pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>full load</i> .....	73
Gambar 4.11 Grafik RAO gerakan <i>Heave</i> pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>light load</i> .....	74
Gambar 4.12 Grafik RAO gerakan <i>pitch</i> pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>light load</i> .....	74
Gambar 4.13 Area prediksi terjadinya <i>slamming</i> .....	76
Gambar 4.14 Ilustasi titik tinjau pada daerah haluan kapal.....	76
Gambar 4.15 Grafik RAO gerak vertikal relatif haluan pada kondisi tanpa pengoperasian <i>streamer</i> .....	77
Gambar 4.16 Grafik RAO gerak vertikal relatif haluan pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>full load</i> .....	77
Gambar 4.17 Grafik RAO gerak vertikal relatif haluan pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>full load</i> .....	78
Gambar 4.18 Grafik elevasi gerakan vertikal relatif haluan pada kondisi tanpa pengoperasian <i>streamer</i> .....	79
Gambar 4.19 Grafik elevasi gerakan vertikal relatif haluan pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>fullload</i> .....	80
Gambar 4.20 Grafik elevasi gerakan vertikal relatif haluan pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>lightload</i> .....	81

Gambar 4.21 (a) Simulasi gerakan kapal pada kondisi tanpa pengoperasian <i>streamer</i> dengan Hs 6 m dan <i>heading</i> 180 ° pada detik ke 0.0 – 4.0 .....	82
Gambar 4. 22 Volume air yang masuk ke daerah geladak haluan .....	84
Gambar 4. 23 Spektrum gelombang JONSWAP .....	86
Gambar 4. 24 Respon spektra pada kondisi tanpa penarikan <i>streamer</i> .....	87
Gambar 4. 25 Respon spektra pada kondisi penarikan <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>full load</i> .....	87
Gambar 4. 26 Respon spektra pada kondisi penarikan <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>light load</i> .....	88
Gambar 4. 27 Struktur alas bagian haluan pada <i>construction profile</i> yang akan dimodelkan.....	94
Gambar 4. 28 Hasil pemodelan struktur alas bagian haluan pada Autocad 3D .....	95
Gambar 4. 29 Hasil pemodelan struktur alas bagian haluan pada ANSYS Mechanical 16 .....	95
Gambar 4. 30 Pembebanan pada model struktur alas haluan.....	96
Gambar 4. 31 Kondisi batas pada model struktur alas haluan .....	97
Gambar 4. 32 Ukuran <i>meshing</i> pada model struktur alas bagian haluan .....	97
Gambar 4. 33 Sensitivitas model konstruksi alas bagian haluan .....	98
Gambar 4. 34 Distribusi tegangan pada struktur alas bagian haluan kapal survei seismik Geomarin IV .....	99
Gambar 4. 35 Deformasi pada struktur alas bagian haluan kapal survei seismic Geomarin IV .....	99
Gambar 4. 36 Struktur alas bagian haluan pada <i>construction profile</i> yang akan dimodelkan.....	101
Gambar 4. 37 Struktur alas bagian haluan pada <i>construction profile</i> yang akan dimodelkan.....	101
Gambar 4. 38 Hasil pemodelan struktur alas bagian haluan pada ANSYS Mechanical 16 .....	102
Gambar 4. 39 Pembebanan pada daerah geladak bagian haluan .....	102
Gambar 4. 40 Kondisi batas pada model struktur alas bagian haluan.....	103
Gambar 4. 41 Ukuran <i>meshing</i> pada model struktur geladak bagian haluan.....	104
Gambar 4. 42 Sensitivitas model konstruksi alas bagian haluan .....	105

Gambar 4. 43 Distribusi tegangan pada struktur geladak bagian haluan kapal survei seismik <i>Geomarin IV</i> .....	105
Gambar 4. 44 Deformasi pada struktur geladak bagian haluan kapal survei seismik <i>Geomarin IV</i> .....	106

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 <i>Principle Dimension</i> Kapal Survei Seismik Geomarin IV .....	58
Tabel 3. 2 Data <i>scantling calculation</i> Kapal Survei Seismik Geomarin IV pada <i>bottom construction</i> .....	61
Tabel 4. 1 Koreksi hidrostatik data dengan model Maxsurf kondisi full load .....	65
Tabel 4.2 Nilai maksimum RAO pada kondisi tanpa penarikan <i>streamer</i> .....	67
Tabel 4.3 Data kabel lead in dan streamer .....	69
Tabel 4.4 Spesifikasi <i>air gun G.Gun II 520</i> .....	70
Tabel 4.5 Nilai maksimum RAO pada kondisi penarikan <i>streamer</i> dengan pembeban <i>full load</i> .....	73
Tabel 4.6 Nilai maksimum RAO pada kondisi penarikan <i>streamer</i> dengan pembeban <i>light load</i> .....	75
Tabel 4.7 Volume air daerah geladak haluan pada kondisi tanpa pengoperasian <i>streamer</i> .....	85
Tabel 4.8 Volume air daerah geladak haluan pada kondisi tanpa pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>fullload</i> .....	85
Tabel 4.9 Volume air daerah geladak haluan pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>lightload</i> .....	85
Tabel 4.10 Hasil perhitungan <i>slamming</i> pada kondisi tanpa pengoperasian <i>streamer</i> .....	89
Tabel 4.11 Hasil perhitungan <i>slamming</i> pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>fullload</i> .....	90
Tabel 4.12 Hasil perhitungan <i>slamming</i> pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>lightload</i> .....	90
Tabel 4.13 Perhitungan <i>greenwater</i> pada kondisi tanpa pengoperasian <i>streamer</i> .....	92
Tabel 4.14 Perhitungan <i>greenwater</i> pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>fullload</i> .....	93
Tabel 4.15 Perhitungan <i>greenwater</i> pada kondisi pengoperasian <i>streamer</i> dengan pembebanan <i>light load</i> .....	93
Tabel 4.16 Tabulasi hasil <i>maximum von mises stress</i> untuk variasi kerapatan <i>mesh</i> .....	98
Tabel 4.17 Tabulasi hasil <i>maximum von mises stress</i> untuk variasi kerapatan <i>mesh</i> .....	104

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A. Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan dan Spektra Respon

LAMPIRAN B. Perhitungan Elevasi

LAMPIRAN C. Perhitungan *Slamming*

LAMPIRAN D. Perhitungan *Greenwater*



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan terhadap sumber daya alam seperti minyak dan gas terus meningkat karena dampak berkembangnya teknologi dan populasi manusia yang semakin bertambahakan tetapi tidak diimbangi dengan jumlah cadangan minyak dan gas yang kita miliki. Dari kasus tersebut maka dibutuhkan sumber energi yang besar dimana sumber utamanya disuplai oleh pasokan minyak bumi. Untuk itu dilakukan usaha untuk meningkatkan produksi di sektor migas, salah satu caranya adalah dengan mengalihkan daerah operasi eksplorasi dan eksploitasi migas dari perairan dangkal menuju perairan dalam (*deep water*). Salah satu metode yang digunakan dalam proses eksplorasi migas pada daerah laut adalah metode survei seismik. Survei seismik adalah salah satu tahapan dalam proses eksplorasi yang bertujuan untuk mengetahui kandungan sumber daya alam dan mineral yang terdapat di bawah permukaan bumidengan bantuan gelombang seismik dan untuk melakukan proses survei seismik pada daerah laut khususnya perairan dalam maka dibutuhkan kapal survei seismik untuk menunjang operasi tersebut.

Pada tahun 2008, kementrian energi dan sumber daya mineral (ESDM) pada telah membuat kapal penelitian dan survei seismik dengan nama *Geomarin III* yang berfungsi untuk melakukan pengumpulan data seismik dan lokasi potensial terhadap kandungan sumber daya alam dan mineral di perairan Indonesia. Dalam kondisi operasinya *Geomarin III* memiliki keterbatasan yaitu panjang kabel *streamer* yang hanya sekitar 1.000 meter. Apabila proses survei dan pemetaan bawah laut perairan indonesia dilakukan hanya dengan mengandalkan kapal penelitian dan survei seismik *Geomarin III* maka proses tersebut akan membutuhkan waktu yang lama.

Pada tahun 2016 ini kementerian ESDM kembali akan membuat kapal survei seismik dengan spesifikasi yang melebihi Geomarin III dan kapal ini akan diberi nama *Geomarin IV*. *Geomarin IV* akan dilengkapi dengan fasilitas pendukung survei seismik dan kabel *streamer* yang lebih panjang dari *Geomarin III* yaitu sepanjang  $\pm 10.000$  meter. Dengan *streamer* sepanjang itu diharapkan kinerja dari *Geomarin IV* akan lebih cepat, efektif, dan efisien dalam melakukan survei dan pemetaan persebaran lokasi potensial terhadap kandungan sumber daya alam dan mineral di perairan Indonesia.



**Gambar 1. 1** Kapal penelitian dan survei *Geomarin III*

Dalam kondisi beroperasi maupun tidak beroperasi suatu struktur terapung seperti kapal survei seismik *Geomarin IV* akan mengalami pergerakan yang disebabkan beban hidrodinamis dan beban hidrodinamis tersebut ialah beban akibat gelombang, arus, dan pasang surut air laut. Pada kondisi laut tertentu struktur terapung seperti kapal survei seismik akan mengalami gerakan yang berlebih terutama pada gerakan *heaving* dan *pitching*. Terjadinya gerakan *coupled* antara *heave* dan *pitch* akan mengakibatkan gerakan haluan vertikal dimana ketika gerakan haluan vertikal tersebut terlalu besar akan menyebabkan *slamming* dan *greenwater*

sehingga dapat mengganggu stabilitas dan kekuatan dari struktur kapal survei seismik.

*Slamming* merupakan peristiwa yang terjadi akibat gerakan vertikal kapal dan dalam kondisi gerakan yang ekstrim dapat menyebabkan haluan kapal keluar dari permukaan air dan akan terjadi proses *slamming* pada saat haluan kapal kembali jatuh ke permukaan air (Darmawan, 2012) . Kecepatan jatuhnya haluan kapal ke permukaan gelombang yang relatif besar dapat menyebabkan kerusakan struktur kapal. Kondisi di atas sangat berpengaruh pada keselamatan operasi dan kekuatan struktur kapal. Beban *impact* pada kondisi *slamming* terjadi saat tumbukan gelombang pada haluan (*bow slamming*) atau pada dasar kapal (*bottom slamming*).

*Slamming* dapat menyebabkan dua efek pada kapal yaitu terjadinya tekanan yang besar pada pelat alas kapal dan menyebabkan tegangan pada struktur utama kapal sehingga akan terjadi getaran yang disebut *whipping* (Bhattacharyya, 1978). *Whipping* pada struktur kapal dapat menyebabkan *vertical bending moment* pada bagian midship.

*Greenwater* adalah kondisi di mana gelombang di laut masuk atau naik ke bagian atas haluan. Umumnya *greenwater* terjadi pada kondisi badai besar yang menyebabkan tinggi gelombang lebih besar daripada tinggi haluan sehingga mengakibatkan struktur haluan terbenam (*bow submergence*) serta mengakibatkan terjadinya fenomena *greenwater*. Terjadinya *greenwater* akan memberikan tekanan tambahan dan menyebabkan *vertical bending moment* pada kapal survei seismik sehingga ketika pengaruh *greenwater* terlalu besar, *greenwater* akan memberikan *damage* yang dapat merusak struktur kapal terutama haluan bagian atas bahkan terjadi defleksi. Faktor penyebab terjadinya *greenwater* tidak hanya dikarenakan oleh tingginya gelombang tetapi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya seperti ketinggian dari *freeboard*, semakin rendah tinggi *freeboard* pada struktur terapung dalam hal ini kapal survei seismik akan mengakibatkan peluang terjadinya *greenwater* yang semakin besar ketika gerakan haluan vertikal yang berlebihan terjadi.

Berdasarkan dampak yang ditimbulkan akibat pengaruh *slamming* dan *greenwater*, kekuatan struktur kapal terutama struktur kapal bagian haluan perlu dipertimbangkan. Oleh karena itu analisis terhadap kekuatan struktur haluan akibat beban *slamming* dan *green water* perlu dilakukan pada kapal survei seismik Geomarin IV untuk mengetahui kekuatan dari struktur haluan kapal survei seismik Geomarin IV.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana perilaku gerak yang terjadi pada kapal survei seismik Geomarin IV pada saat melaju di atas gelombang tanpa dan dengan pengoperasian *streamer*?
2. Seberapa besar peluang, intensitas dan beban yang terjadi akibat *slamming* pada kapal survei seismik Geomarin IV pada saat melaju di atas gelombang tanpa dan dengan pengoperasian *streamer*?
3. Seberapa besar peluang, intensitas dan beban yang terjadi akibat *greenwater* pada kapal survei seismik Geomarin IV pada saat melaju di atas gelombang tanpa dan dengan pengoperasian *streamer*?
4. Seberapa besar tegangan maksimum yang terjadi pada struktur alas bagian haluan kapal survei seismik Geomarin IV akibat *slamming*?
5. Mengetahui besar tegangan maksimum yang terjadi pada struktur geladak bagian haluan kapal survei seismik Geomarin IV akibat *greenwater*?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari Tugas Akhir ini antara lain :

1. Menghitung perilaku gerak yang terjadi pada kapal survei seismik Geomarin IV pada saat melaju tanpa dan dengan pengoperasian *streamer*

2. Menghitung peluang, intensitas dan beban yang terjadi akibat *slamming* pada kapal survei seismik Geomarin IV pada saat melaju tanpa dan dengan pengoperasian *streamer*
3. Menghitung peluang, intensitas dan beban yang terjadi akibat *greenwater* pada kapal survei seismik Geomarin IV pada saat melaju tanpa dan dengan pengoperasian *streamer*
4. Menghitung besar tegangan maksimum yang terjadi pada struktur alas bagian haluan kapal survei seismik Geomarin IV akibat *slamming*
5. Mengetahui besar tegangan maksimum yang terjadi pada struktur geladak bagian haluan kapal survei seismik Geomarin IV akibat *greenwater*

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah dapat mengetahui peluang terjadinya *slamming* dan *greenwater*, besar intensitas *slamming* dan *greenwater* dan pada akhirnya didapatkan besar tegangan akibat beban yang diterima struktur haluan kapal survei seismik Geomarin IV akibat terjadinya *slamming* dan *greenwater*. Dari Tugas Akhir ini akan diketahui kekuatan struktur haluan kapal survei seismik Geomarin IV sehingga diharapkan akan mampu memberikan acuan dan pertimbangan dalam desain kapal survei seismik untuk meminimalisir dampak *slamming* dan *greenwater*.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Gerakan kapal survei seismik Geomarin IV yang ditinjau adalah gerakan kopel *heave* dan *pitch* dengan arah datang gelombang (*heading*) 120°, 150° dan 180°.
2. Beban yang bekerja adalah tekanan akibat *slamming* dan *greenwater*.
3. Variasi kecepatan kapal survei seismik Geomarin IV adalah 5 knot (*operational speed*) untuk kondisi pengoperasian *streamer* dan 15 knot (*service speed*) untuk kondisi tanpa pengoperasian *streamer*
4. Kapal survei seismik Geomarin IV beroperasi pada perairan laut Masela dengan rentang tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 4 – 6 meter

5. Tidak dilakukan peninjauan stabilitas kapal
6. *Bow thruster* tidak dimodelkan dalam pemodelan kapal
7. *Nautilus* tidak dimodelkan dalam konfigurasi peralatan seismik

## 1.6 Sistematika Laporan

Sistematika Penulisan Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penulisan tugas akhir permasalahan, yang akan dibahas, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang dapat diambil serta batasan yang diberlakukan dalam penyusunan tugas akhir

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini berisi tinjauan pustaka dan dasar teori, yaitu hal-hal yang menjadi acuan dari penelitian tugas akhir ini. Persamaan-persamaan yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini diuraikan dalam bab ini.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai langkah pengerjaan yang dilakukan, yaitu meliputi studi literatur, pengumpulan data, penentuan formulasi, pemodelan kapal survei seismik *Geomarin IV* dan konfigurasi *streamer*, perhitungan RAO, komputasi untuk memprediksi peluang, intensitas serta tekanan *slamming* dan *greenwater*, pemodelan struktur haluan kapal survei seismik *Geomarin IV* serta melakukan analisis tegangan lokal maksimum yang terjadi pada struktur haluan kapal survei seismik *Geomarin IV*.

### BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas permodelan kapal survei seismik *Geomarin IV* dengan menggunakan software Maxsurf untuk mendapatkan *lines plan* kapal dan mengetahui hidrostatik struktur. Tahap selanjutnya ialah melakukan analisis gerakan pada kapal survei seismik *Geomarin IV* pada kondisi tanpa

pengoperasian *streamer* dan pengoperasian *streamer* pada pembebanan *full load* dan *light load*. Hasil dari analisis gerakan kemudian digunakan untuk mendapatkan gerak relatif vertikal haluan pada titik tinjau tertentu pada daerah haluan kapal. RAO gerak relatif vertikal haluan akan ditransformasikan mejadi karakteristik di gelombang acak, yaitu dengan melakukan analisis spektra. Selanjutnya dilakukan komputasi untuk memprediksi peluang terjadinya *slamming* dan *greenwater*, intensitas terjadinya *slamming* dan *greenwater*, serta besarnya tekanan *slamming* pada alas haluan dan tekanan *greenwater* pada geladak haluan. Untuk melakukan analisis tegangan pada struktur haluan maka sebelumnya harus dilakukan permodelan pada software Auto CAD 3-D untuk konstruksi struktur haluan kapal pada bagian *bottom* dan *deck*. Hasil pemodelan pemodelan Auto CAD 3-D akan digunakan pada Ansys Mechanical untuk analisis tegangan maksimum yang terjadi pada konstruksi struktur haluan kapal pada bagian *bottom* dan *deck* pada kapal survei seismic *Geomarin IV*. Selain hal tersebut, juga dilakukan pembahasan analisis hasil permodelan yang telah dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan metode *Finite Element Method* (von misses stress) sesuai dengan code ABS dan BKI ( $\sigma_{max} < \sigma_{ijin}$ )

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang didapat dari keseluruhan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan. Selanjutnya diberikan saran sebagai bahan pertimbangan tindak lanjut terhadap penelitian dengan permasalahan terkait.

***(Halaman ini sengaja dikosongkan)***



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pada saat struktur terapung seperti kapal survei seismik beroperasi, faktor lingkungan terutama oleh beban gelombang akan menimbulkan respon gerak pada kapal tersebut. Respon gerak yang berlebihan akan membuat gerak haluan vertikal meningkat yang akan menyebabkan terjadinya *greenwater* atau *slamming*.

Pada penelitian *Laksono* (2005) terhadap struktur *after end bottom* pada FPSO Belanak peristiwa *slamming* merupakan beban *impact* sesaat berupa tumbukan gelombang pada bagian haluan atau dasar kapal (*bottom slamming*). Awal dari terjadinya *slamming* adalah ketika bagian haluan kapal masuk ke dalam permukaan sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada pelat sisi atau alas dan struktur utama pada haluan kapal. *Bottom slamming* sangat berbahaya, karena selain menyebabkan kerusakan akibat tekanan tinggi *bottom slamming* juga dapat mengakibatkan getaran yang disebut dengan *whipping* yang dapat menambah *vertical bending moment* pada bagian midship. Salah satu aspek pembebanan yang dialami oleh struktur yang mengakibatkan struktur mengalami *slamming* adalah beban hidrodinamis. Beban hidrodinamis ini akan terjadi ketika kapal mengalami gerakan kopel *heaving* dan *pitching*.

Peristiwa *greenwater* akan terjadi ketika tinggi gelombang laut yang besar melampaui tinggi *freeboard* kapal. penyebab *greenwater* disebabkan karena gerakan relatif deck, terutama gerak relatif deck haluan pada permukaan gelombang. Selain itu menurut *Buchner* (1995) *greenwater* adalah peristiwa melimpahnya air masuk ke dalam *deck* kapal yang biasanya terjadi ketika badai besar yang menyebabkan gelombang dan gerak kapal semakin besar yang berakibat pada aliran air pada *deck*

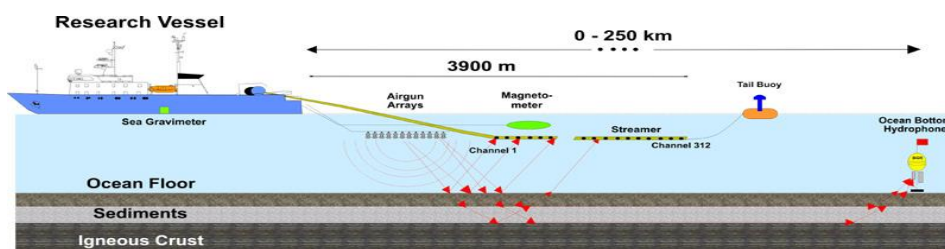
kapal. Iswara (2012) meneliti aspek *greenwater* pada *drillship* menemukan bahwa *greenwater* akan semakin signifikan seiring dengan meningkatnya kecepatan serta tinggi gelombang pada lingkungan. Pada saat perencanaan, salah satu yang perlu diperhatikan adalah tekanan yang dipengaruhi oleh hempasan gelombang yang masuk ke dalam *deck* atau geladak bagian depan.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, penulis akan melakukan analisa kekuatan struktur haluan kapal survei seismik Geomarin IV akibat beban *slamming* dan *greenwater* untuk mengetahui seberapa besar tegangan yang terjadi yang ditimbulkan oleh beban *slamming* dan *greenwater* pada struktur geladak dan alas pada bagian haluan kapal tersebut.

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Kapal Survei Seismik

Kapal survei seismik adalah salah satu jenis kapal yang berfungsi untuk melakukan pemetaan struktur di bawah permukaan bumi untuk dapat melihat kemungkinan adanya jebakan-jebakan hidrokarbon berdasarkan interpretasi dari penampang seismiknya. Kapal survei seismik memiliki beberapa komponen yang berfungsi untuk mendukung proses survei seismik di laut. Komponen tersebut diantaranya ialah *airgun* dan *streamer*. *Airgun* berfungsi sebagai sumber getaran. Getaran yang ditimbulkan *airgun* akan merambat ke segala arah di bawah permukaan sebagai gelombang getar. Gelombang yang datang mengenai lapisan-lapisan batuan dan akan mengalami pemantulan, pembiasan, dan penyerapan.



**Gambar 2. 1** Ilustrasi Survei Seismik yang dilakukan oleh Kapal Survei Seismik  
(sumber: <http://www.coastalreview.org>)

Respon batuan terhadap gelombang yang datang akan berbeda-beda tergantung sifat fisik batuan yang meliputi densitas, porositas, umur batuan, kepadatan, dan kedalaman batuan. Gelombang yang dipantulkan akan ditangkap oleh *hydrophone* yang terdapat dalam *steamer*. Gelombang tersebut akan diteruskan ke instrumen untuk direkam. Hasil rekaman akan mendapatkan penampang seismik yang akan dijadikan acuan sebagai pemetaan terhadap potensi kandungan sumber daya alam dan mineral yang terdapat di bawah permukaan bumi.

### **2.2.2. Teori Gerakan Bangunan Apung**

Gerakan kapal di laut lepas sangat penting untuk diprediksikan karena gerakan kapal dapat menimbulkan masalah. Kapal haruslah terjamin aman dan stabil tidak hanya aman jika berlayar di laut yang kondisi cuacanya relatif tenang, tetapi juga harus menjamin bahwa kapal mengalami penurunan fungsi dari sistem kerjanya. Secara umum karakteristik dasar dari suatu kapal yaitu stabil, bergerak dengan kecepatan yang cukup mempunyai olah gerak yang cukup baik di perairan yang dalam ataupun dangkal dan cukup melakukan tugas ataupun fungsinya dalam cuaca yang jelek dari hantaman gelombang.

Dengan kemajuan yang saat ini telah berkembang pesat di bidang kelautan dan pemakaian teknologi komputer maka dimungkinkan untuk memperkirakan secara statistik beberapa aspek yang berhubungan dengan unjuk kerja kapal di laut lepas. Setiap benda terapung yang bergerak di atas permukaan laut selalu mengalami gerak osilasi. Gerak osilasi terdiri dari 6 mode gerakan bebas, yaitu 3 mode gerak translasional dan 3 mode gerak rotasional.

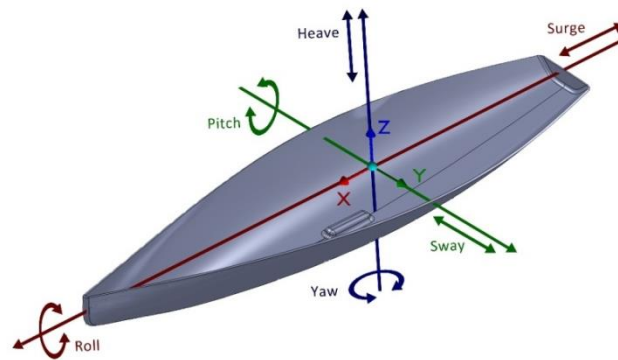
#### **1. Mode gerak translasional**

- Surging, gerakan osilasi translasional arah sumbu x
- Swaying, gerakan osilasi translasional arah sumbu y

- Heaving, gerakan osilasi translasional arah sumbu z

## 2. Mode gerak rotasional

- Rolling, gerakan osilasi rotasional arah sumbu x
- Pitching, gerakan osilasi rotasional arah sumbu y
- Yawing, gerakan osilasi rotasional arah sumbu z



**Gambar 2.2** Enam derajat kebebasan (6 mode gerakan bebas)

Penyelesaian permasalahan gerakan kapal dapat dipermudah dengan menggunakan satu derajat kebebasan. Dalam kenyataannya ketika kapal berlayar di perairan bebas akan mengalami enam derajat kebebasan dari enam macam gerakan kapal tersebut diatas. Di lain pihak, analisa dengan menggunakan enam derajat kebebasan merupakan hal yang sulit, oleh karena itu dalam analisa maupun penelitian mengenai gerakan kapal sering digunakan coupled dari gerakan – gerakan berikut:

1. *Heave* dan *pitch*
2. *Yaw* dan *sway*
3. *Yaw*, *sway* dan *roll*

#### 4. Roll, yaw dan pitch

Gerakan yang dominan untuk sebuah kapal yang berlayar dalam gelombang adalah *roll*, *heave* dan *pitch*. Karena *roll* berpengaruh terhadap stabilitas kapal, sedangkan *heave* dan *pitch* berkaitan terjadinya slamming pada *forefoot*, permasalahan *deckwetness* pada *forecastle*.

##### 2.2.3. Gerakan Surge Murni

*Surge* adalah gerakan osilasi translasi pada kapal yang bekerja pada sumbu x sebagai pusat gerak. Persamaan untuk gerak *surge* adalah :

$$a\ddot{x} + b\dot{x} + cx = F_o \cos \omega_e t \quad (2.1)$$

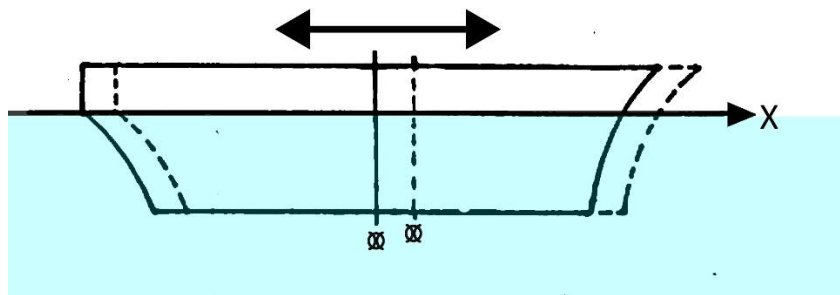
Dimana :

$a\ddot{x}$  : *Inertial force* (N)

$b\dot{x}$  : *Damping force* (N)

$cx$  : *Restoring force* (N)

$F_{ox}$  : *Exciting force* (N)



**Gambar 2.3** Ilustrasi Gerakan *Surge*

##### 2.2.4. Gerakan Sway Murni

*Sway* adalah gerakan osilasi translasi pada kapal yang bekerja pada sumbu y (melintang) sebagai pusat gerak. Persamaan untuk gerak *sway* dijelaskan pada persamaan 2.2.

$$a\ddot{y} + b\dot{y} + cy = F_0 \cos \omega_e t \quad (2.2)$$

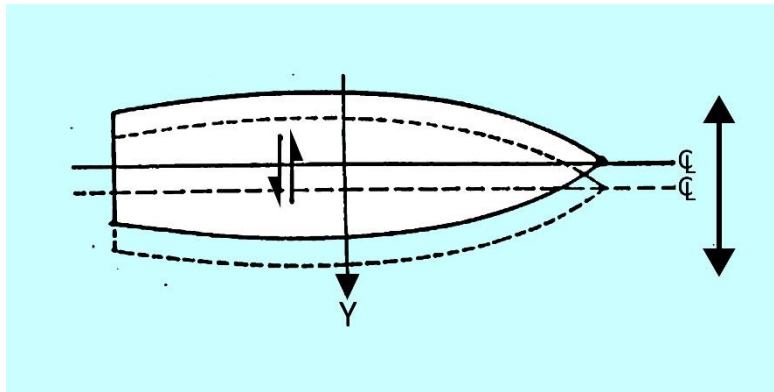
Dimana :

$a\ddot{y}$  : *Inertial force* (N)

$b\dot{y}$  : *Damping force* (N)

$cy$  : *Restoring force* (N)

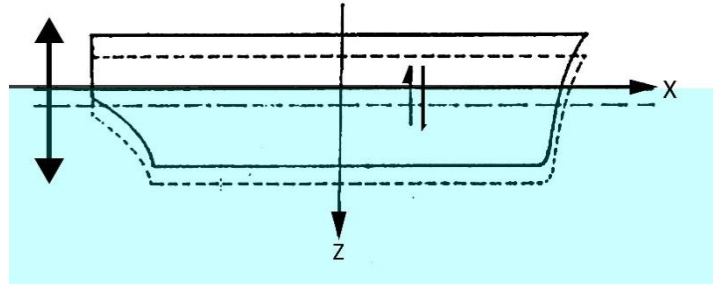
$F_{0y}$  : *Exciting force* (N)



**Gambar 2.4** Ilustrasi Gerakan *Sway*

#### 2.2.5. Gerakan *Heave* Murni

Pada Heaving gaya kebawah akibat dari berat kapal membuat kapal tercelup ke air lebih dalam dan kembali ke awal hingga diperoleh kesetimbangan kapal. Ketika gaya *buoyancy* lebih besar akibat kapal tercelup, kapal akan bergerak secara vertical ke atas, ketika posisi kapal telah setimbang lantas tidak berhenti akan tetapi tetap naik dikarenakan ada pangeruh momentum. Selanjutnya kejadiannya akan berulang. Ilustrasi gerakan *heave* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Ilustrasi Gerakan *Heave*

Kejadian tersebut terjadi berulang-ulang. Maka, dapat dituliskan persamaan umum pada kapal kondisi *heave* adalah:

$$a\ddot{z} + b\dot{z} + cz = F_0 \cos \omega_e t \quad (2.3)$$

Keterangan :

$a\ddot{z}$  = *Inertial force* (N)

$b\dot{z}$  = *Damping force* (N)

$cz$  = *Restoring force* (N)

$F_{0z}$  = *Amplitude heave exciting force* (N)

Pada persamaan tersebut, terdapat empat elemen utama dalam gerakan *heave*, antara lain:

- *Inertial Force* ( $Fa = a\ddot{z}$ )

*Inertial Force* merupakan percepatan gerakan secara kontinu dari fluida yang memiliki gaya lebih besar dari massa percepatan waktu kapal. (Bhatacarya, 1972)

$$a \frac{d^2 z}{dt^2} = M \frac{d^2 z}{dt^2} + a_z \frac{d^2 z}{dt^2} \quad (2.4)$$

Dengan :

M : massa tambah kapal

$a_z$  : massa tambah akibat gerakan *heave*

- *Damping Force* ( $Fb = b\dot{z}$ )

*Damping Force* akan selalu bergerak berlawanan arah dari gerakan kapal sehingga menyebabkan redaman yang berangsur-angsur pada amplitudo gerakan.

$$Fb = b \frac{dz}{dt} \quad (2.5)$$

Pada persamaan diatas  $b$  merupakan koefisien pada gaya *damping* pada kondisi *heave*. Koefisien redaman tersebut akan bergantung pada faktor-faktor sebagai berikut:

- a. Tipe dari gerakan osilasi
- b. Frekuensi *encountering*
- c. Bentuk struktur terapung

- *Restoring Force* ( $Fc = cz$ )

*Restoring Force* pada gerakan *heave* diberikan sebagai tambahan pada gaya angkat kapal ketika dibawah permukaan air. Oleh karena itu, gaya pengembali diberikan sebagai jumlah *displacement* air, atau berat tamabahn spesifik pada volume tercelup.

$$Cz = \rho g A_{wp} Z = \rho g L B C_{wp} Z \quad (2.6)$$

Dengan :

$A_{wp}$  : Luas bidang garis air ( $m^2$ )

$Z$  : Simpangan gerak *heave*

$C_{wp}$  : Koefisien luad bidang garis air

$P$  : Massa jenis air laut (  $1.025 \text{ ton}/m^3$  )

$g$  : Kecepeatan gravitasi (  $m/s^2$  )



- *Exciting Force* ( $F = F_o \cos \omega_e t$ )

*Exciting Force* pada gerak *heave* adalah pengintegrasian dari penambahan gaya angkat dikarenakan gelombang yang melewati sepanjang kapal. Sehingga dapat dituli persamaan sebagai berikut:

$$F = F_o \cos \omega_e t \quad (2.7)$$

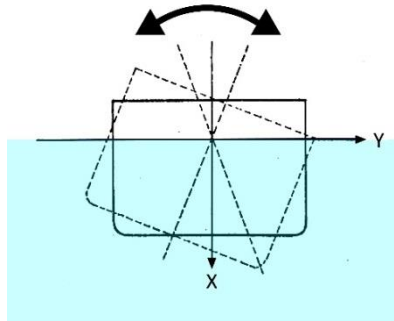
Dimana :

$F_o$  : Amplitudo gaya eksitasi

$\omega_e$  : Frekuensi gelombang *encountering* (hz)

### 2.2.6. Gerakan *Roll* Murni

*Roll* adalah gerakanosilasi rotasional pada kapal yang bekerja dengan sumbu x



**Gambar 2.6** Ilustrasi Gerakan *Roll*

sebagai pusat geraknya. Ilustrasi gerakan *roll* dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Rumus umum dari persamaan gerak akibat *rolling* ialah:

$$a\ddot{\phi} + b\dot{\phi} + c\phi = M_o \cos \omega_e t \quad (2.8)$$

Dimana :

$M_o$  : Amplitudo momen eksitasi (m)

$\omega_e$	: Frekuensi gelombang <i>encountering</i> (rad/sec)
$a\ddot{\theta}$	: <i>Inertial Moment</i> (N/m)
$b\dot{\theta}$	: <i>Damping Moment</i> (N/m)
$c\theta$	: <i>Restoring Moment</i> (N/m)
$M_{ox}$	: <i>Exciting Moment</i> (N/m)

### 2.2.7. Gerakan *Pitch* Murni

*Pitch* adalah gerakan osilasi rotasional pada kapal yang bekerja dengan sumbu  $y$  sebagai pusat geraknya. Berbeda dengan *heave*, gerakan yang ditimbulkan akibat *pitch* adalah gerak rotasional yang menimbulkan momen. Gerak *pitch* juga berpengaruh terhadap kesetimbangan posisi, oleh karena itu momen yang terjadi akibat *pitch* perlu diperhitungkan. Persamaan umum dari persamaan gerakan akibat *pitching* adalah:

$$a\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + c\theta = M_o \cos \omega_e t \quad (2.9)$$

Dimana :

$M_o$	: Amplitudo momen eksitasi (m)
$\omega_e$	: Frekuensi gelombang <i>encountering</i> (rad/sec)
$a\ddot{\theta}$	: <i>Inertial Moment</i> (N/m)
$b\dot{\theta}$	: <i>Damping Moment</i> (N/m)
$c\theta$	: <i>Restoring Moment</i> (N/m)
$M_{oy}$	: <i>Exciting Moment</i> (N/m)

Pada persamaan tersebut, terdapat empat elemen utama dalam gerakan *heave*, antara lain:

- *Inertial Moment* ( $a \frac{d^2 \theta}{dt^2}$ )

Konstanta  $a$  adalah massa virtual dari momen *inertia* dan  $d \frac{d^2\theta}{dt^2}$  merupakan percepatan sudut yang ditimbulkan dari gerakan *pitch*. Massa dari momen *inertia* kondisi *pitch* adalah momen *inertia* kapal ditambah dengan massa tambah momen *inertia* dari gerak *pitch*.

$$\begin{aligned} d &= I_{yy} + \delta I_{yy} \\ d &= \frac{\Delta}{g} K_{yy}^2 + \delta I_{yy} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Dimana :

$\delta I_{yy}$  : Massa tambah momen *inertia* dari kapal untuk gerak *pitch*

$K_{yy}^2$  : Kuadrat dari jari-jari girasi pada kondisi gerak *pitch*

$I_{yy}$  : Momen inersia massa struktur

Diasumsikan bahwa distribusi massa secara *longitudinal* sama dengan distribusi *displacement* secara *longitudinal*. Sehingga distribusi vertikal tidak begitu berpengaruh. Titik CG (pusat gravitasi) dari kapal diasumsikan berada di tengah struktur yaitu pada *midship* (Bhattacharya, 1978). Secara pendekatan, jari-jari girasi gerakan *pitch* adalah:

$$K_{yy} = 0.24L \text{ to } 0.26 L \quad (2.11)$$

- *Damping Moment* ( $b \frac{d\theta}{dt}$ )

Koefisien redaman pada gerakan *pitch* dapat diitung dengan melakukan pendekatan *trip theory* yang ditentukan oleh setiap station dan diintegrasikan sebanyak station yang ada di sepanjang struktur.

- *Restoring Moment* ( $c\theta$ )

Perhitungan untuk *Restoring Moment* pada gerakan *pitch* dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h\theta &= \rho g \theta \int_{-L/2}^{L/2} x^2 y(x) dx \\ &= \rho g \theta I_y \end{aligned} \quad (2.12)$$

Dimana :

- $h$  : Koefisien *restoring moment*
- $I_y$  : Momen inersia dari beban *water plan area*
- $\rho$  : Massa jenis air laut (  $1.025 \text{ ton/m}^3$  )
- $g$  : Kecepatan gravitasi (  $\text{m/s}^2$  )
- $\nabla$  : Volume *displacement*
- $\Delta$  : *Displacement*
- $\overline{MB_l}$  : Jari-jari metacenter memanjang
- $\overline{MG_l}$  : Tinggi metacenter memanjang

Dikarenakan

$$\overline{MB_l} \cong \frac{I_y}{\nabla}$$

$$\Delta = \rho g \nabla$$

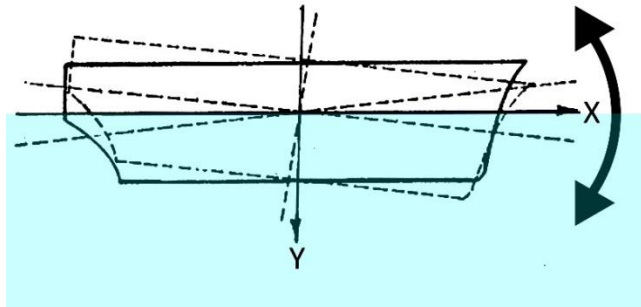
Sehingga,

$$\begin{aligned} h\theta &= \rho g \overline{MB_l} \nabla \theta \\ &= \rho g \overline{MG_l} \nabla \theta \\ &= \Delta \overline{MG_l} \theta \end{aligned} \quad (2.13)$$

- *Exciting Force* ( $F = M_o \cos \omega_e t$ )

*Exciting Force* pada gerak *pitch* diakibatkan oleh tidak seimbangnya momen akibat gelombang dari sudut melintang kapal. Sehingga, momen dalam gerak *pitch* dapat dirumuskan sebagai berikut:

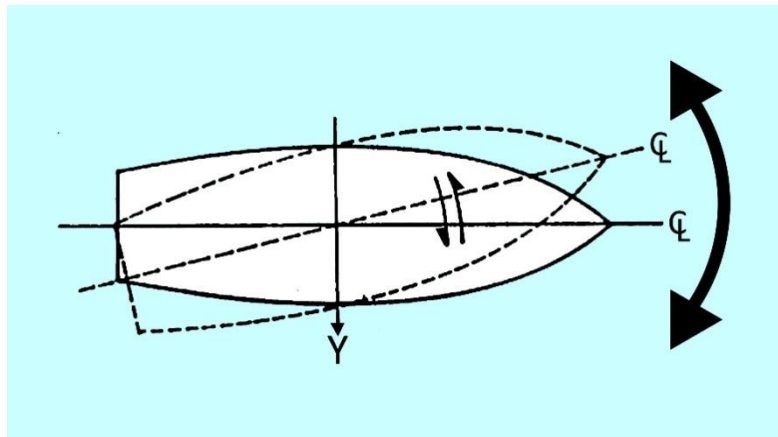
$$M_{\theta} = M_o \cos \omega_e t \quad (2.14)$$



**Gambar 2.7** Ilustrasi Gerakan *Pitch*

#### 2.2.8. Gerakan *Yaw* Murni

Gerak *yaw* adalah gerakan osilasi rotational pada kapal yang bekerja pada sumbu *z* sebagai pusat gerak. Gerak *yaw* juga berpengaruh pada kesetimbangan posisi kapal seperti gerak geraknya.



**Gambar 2.8** Ilustrasi Gerakan *Yaw*

Persamaan gerak kapal untuk *yaw* adalah:

$$a\ddot{\varphi} + b\dot{\varphi} + c\varphi = M_o \cos \omega_e t \quad (2.15)$$

Dimana :

- $M_o$  : Amplitudo momen eksitasi (m)  
 $\omega_e$  : Frekuensi gelombang *encountering* (rad/sec)  
 $a\ddot{\varphi}$  : *Inertial Moment* (N/m)  
 $b\dot{\varphi}$  : *Damping Moment* (N/m)  
 $c\varphi$  : *Restoring Moment* (N/m)  
 $M_{oz}$  : *Exciting Moment* (N/m)

### 2.2.9. Gerakan Struktur Terapung dalam 6 Derajat Kebebasan

Dengan asumsi bahwa gerakan-gerakan osilasi tersebut adalah linier dan harmonik, maka enam persamaan diferensial gerakan kopel dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\sum_{n=1}^6 [(M_{jk} + A_{jk})\ddot{\xi}_k + B_{jk}\dot{\xi}_k + C_{jk}\xi_k] = F_j e^{i\omega t}, j = 1 \quad (2.16)$$

Dengan

- $M_{jk}$  = Komponen matriks massa kapal  
 $A_{jk}, B_{jk}$  = Matriks koefisien massa tambah dan redaman  
 $C_{jk}$  = Koefisien-koefisien gaya hidrostatik pengembali  
 $F_j$  = Amplitudo gaya eksitasi dalam besaran kompleks  
 $F_1$  = Amplitudo gaya-gaya eksitasi yang mengakibatkan *surge*  
 $F_2$  = Amplitudo gaya-gaya eksitasi yang mengakibatkan *sway*  
 $F_3$  = Amplitudo gaya-gaya eksitasi yang mengakibatkan *heave*  
 $F_4$  = Amplitudo momen eksitasi untuk *roll*

$F_5$  = Amplitudo momen eksitasi untuk *pitch*

$F_6$  = Amplitudo momen eksitasi untuk *yaw*

Langkah berikutnya dalam menyelesaikan persamaan gerak adalah menentukan harga koefisien-koefisien massa tambah, redaman dan hidrostatik. Dari persamaan gerak ini didapatkan hasil berupa karakteristik gerakan kapal. Informasi ini pada umumnya disajikan dalam bentuk grafik, di mana perbandingan gerakan pada mode tertentu  $\zeta_j$  dengan parameter tinggi (atau amplitudo gelombang,  $\zeta_a$ ) diberikan sebagai fungsi frekuensi encounter  $\omega_e$  dari sumber eksitasi. Informasi gerakan yang demikian ini dinamakan *Response Amplitudo Operator* (RAO).

#### 2.2.10. Gerakan *couple heave dan pitch*

Metode *strip* digunakan pada perhitungan amplitudo gerakan kapal yang diakibatkan *coupled heave dan pitch*, dimana struktur dibagi secara transversal menjadi beberapa bagian. Pada Hukum Newton II disebutkan bahwa gaya yang bekerja pada sebuah benda (*strip*) sama dengan perkalian antara massa benda terhadap percepatannya. Persamaan untuk *heave* adalah :

$$m. \ddot{Z} = \Sigma F \quad (2.17)$$

Dan persamaan *pitch* adalah :

$$I. \ddot{\theta} = \Sigma M \quad (2.18)$$

Dimana :

$\Sigma F$  : Total gaya yang bekerja pada strip akibat gerak relatif terhadap gelombang

$\Sigma M$  : Total moment gaya yang bekerja pada strip akibat gerak relatif terhadap gelombang

$\ddot{Z}$  : Percepatan *heave*

$\ddot{\theta}$  : Percepatan *pitch*

Dikarenakan suatu benda bergerak relatif terhadap fluida, maka benda tersebut akan menerima massa tambah yang dapat ditulis menjadi :

$$\Sigma F = (m + a_z)\ddot{z} \quad (2.19)$$

Dimana :

$m$  : massa dari kapal

$a$  : massa tambah pada gerakan *heave*

Ketika benda bergerak di dalam fluida, benda akan mengalami gaya reaksi yang diakibatkan oleh tekanan hidrodinamika yang disebut dengan gaya redaman. Sehingga dapat dirumuskan :

$$c_z = (m + a_z)\ddot{z} + b\dot{z} \quad (2.20)$$

Konstanta  $b$  merupakan koefisien gaya redam sedangkan konstanta  $c$  merupakan koefisien dari gaya pengembali. Jika diasumsikan *displacement* ke bawah bernilai positif dan kecepatan serta percepatan keatas bernilai negatif, maka persamaan menjadi :

$$c_z = (m + a_z)(-\ddot{z}) + b(-\dot{z}) \quad (2.21)$$

Dikarenakan nilai  $m = \frac{\Delta}{g}$ , maka persamaan sebelumnya menjadi

$$c_z = \left(\frac{\Delta}{g} + a_z\right)(-\ddot{z}) + b(-\dot{z}) \quad (2.22)$$

Dan dapat ditulis menjadi :

$$\left(\frac{\Delta}{g} + a_z\right)\ddot{z} + b\dot{z} + c_z = 0 \quad (2.23)$$

Jika *strip* mendapatkan beban gelombang dengan amplitudo  $\xi a$  maka akan terjadi perubahan gaya inersia yang disebabkan oleh perbedaan pada *water level* (sarat air). Fluktuasi pada sarat air yang terus menerus terjadi akan menimbulkan *exciting*



*force* yang bernilai sama dengan jumlah dari percepatan vertikal absolut, kecepatan, dan posisi permukaan air. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$m\ddot{z} = F = ma_z(-\ddot{z} + \ddot{\xi}) + b(-\dot{z} + \dot{\xi}) + c(-z + \xi) \quad (2.24)$$

Atau

$$m\ddot{z} + a_z(\ddot{z} - \ddot{\xi}) + b(\dot{z} - \dot{\xi}) + c(z - \xi) = 0 \quad (2.25)$$

$$(m + a_z)\ddot{z} + b\dot{z} + cz = a_z\ddot{\xi} + b\dot{\xi} + c\xi \quad (2.26)$$

Dimana :

$\ddot{\xi}$  = percepatan vertikal dari permukaan air.

$\dot{\xi}$  = kecepatan vertikal dari permukaan air

$\xi$  = posisi vertikal dari permukaan air

Ruas kanan pada persamaan diatas adalah *exciting force*. Dalam mempertimbangkan gerakan kapal pada gelombang, salah satu yang perlu di gambarkan yaitu relatif motion antara kapal dengan gelombang. Posisi vertikal absolut pada setiap titik di sepanjang *strip* dinyatakan dengan  $z - \xi\theta$ . Sehingga, posisi vertikal relatif strip terhadap gelombang dirumuskan sebagai berikut :

$$z_r = z - \xi\theta - \xi \quad (2.27)$$

Persamaan diatas bisa digunakan untuk mencari kecepatan vertikal relatif dengan menurunkan terhadap waktu menjadi sebagai berikut :

$$w_r = \dot{z}_r = \dot{z} - (\xi\dot{\theta} + \dot{\xi}\theta) - \dot{\xi} \quad (2.28)$$

Ketika kapal bergerak ke depan sepanjang air, kapal akan memiliki kecepatan  $u$ ,

$$\frac{d\xi}{dt} = \xi = -u \quad (2.29)$$

Sehingga percepatan relatifnya menjadi :

$$\begin{aligned} \dot{w}_r &= \ddot{z} - \xi\ddot{\theta} - \dot{\theta}(-u) + u\dot{\theta} - \ddot{\xi} \\ &= \ddot{z} - \xi\ddot{\theta} + 2u\dot{\theta} - \ddot{\xi} \end{aligned} \quad (2.30)$$

Persamaan di atas akan dipengaruhi gaya geser pada tiap-tiap *strip*. Nilai gaya geser ( $\frac{df_n}{d\xi}$ ) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{\delta f_n}{\delta \xi} = -m_n \ddot{z}_n - (a_n \dot{w}_r + b_n \dot{w}_r) - c_n z_r \quad (2.31)$$

Dimana :

$m_n \ddot{z}_n$  : Gaya inersia yang diperlukan untuk menggerakkan masa strip

$a_n \dot{w}_r$  : Gaya hidrodinamik yang diperlukan untuk menggerakkan madat tambah

$b_n \dot{w}_r$  : Gaya redaman hydrodynamik akibat kecepatan relatif

$c_n z_r$  : Gaya hidrostatik akibat perubahan posisi relatif

Pada persamaan diatas,  $a_n$ ,  $b_n$ , dan  $c_n$  dihitung pada tiap-tiap bagian station. Dikarenakan nilai  $a_n$ ,  $b_n$ , dan  $c_n$  merupakan fungsi dari bentuk badan kapal. Nilai  $a_n$  berubah pada tiap bagian terhadap waktu sedangkandan dengan gelombang linear akan meghasilkan bentuk *strip* yang akan mendekati *waterline*, maka turunan  $\frac{d(a_n w_r)}{dt}$  harus diperhatikan untuk mendapatkan  $a_n w_r$  sehingga :

$$\begin{aligned} \frac{d(a_n w_r)}{dt} &= w_r \frac{da_n}{dt} + a_n \frac{dw_r}{dt} \\ &= w_r \frac{da_n}{dt} + a_n \dot{w}_r \end{aligned} \quad (2.32)$$

Dengan melakukan substitusi pada persamaan dengan persamaan  $\frac{\delta fn}{\delta \xi}$ , maka didapatkan persamaan baru sebagai berikut :

$$\frac{\delta fn}{\delta \xi} = -m_n \ddot{z}_n - a_n \dot{w}_r - \left(b_n + \frac{da_n}{dt}\right) \dot{w}_r - c_n z_r \quad (2.33)$$

Untuk menentukan total semua *gayastrip*, persamaan  $\frac{\delta fn}{\delta t}$  diatas harus diintegrasikan terhadap x guna mendapat total semua *gayastrip*. Maka :

$$\frac{\delta fn}{\delta t} dx = 0 \quad (2.34)$$

Selain itu, *displacement horizontal* yang terjadi adalah :

$$x = \xi + ut$$

Dimana :

$Ut$  : displacement antara sumbu utama dengan titik pangkal benda untuk waktu tertentu

$\xi$  : jarak dari origin kapal ke titik dari persamaan yang ditinjau

Pada waktu tertentu, nilai  $ut$  akan bernilai konstan sehingga :

$$dx = d\xi + d(ut) = d\xi \quad (2.35)$$

Sehingga, penjumlahan gaya menjadi :

$$\int \frac{d fn}{d \xi} d\xi = 0$$

Atau dengan melakukan integral pada persamaan  $\frac{\delta fn}{\delta t}$  menjadi :

$$-\int \frac{\delta fn}{\delta \xi} d\xi = \int m_n \ddot{z}_n d\xi + \int a_n \dot{w}_r d\xi + \left( \int b_n \dot{w}_r d\xi - u \int \frac{da_n}{dt} \dot{w}_r d\xi \right) + \int c_n z_r d\xi \quad (2.36)$$

Dimana :

$$\ddot{z} = \ddot{z} - \xi \ddot{\theta} \quad (2.37)$$

Dikarenakan adanya efek tekanan air dinamis diatas puncak gelombang berkurang secara eksponensial menurut kedalaman. Efek penurunan tersebut akan mempengaruhi posisi vertikal relatif sehingga :

$$z_r = z - \xi \theta - \xi e^{-kz} \quad (2.38)$$

Dimana :

$e^{-kz}$  : Faktor penurunan tekanan.

Dengan memperhatikan faktor penurunan tekanan maka dapat diperoleh persamaan untuk kecepatan relatif dan percepatan relatif sebagai berikut :

$$w_r = \frac{dz_r}{dt} = \dot{z} - \xi \dot{\theta} + u\theta - \xi^{-kz} \quad (2.39)$$

$$w_r = \frac{dw_r}{dt} = \ddot{z} - \xi \ddot{\theta} + u\theta - \xi^{-kz} \quad (2.40)$$

Untuk penyederhanaan, suku-suku pada gerakan absolut kapal ( $z, \dot{z}, \ddot{z}, \theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}$ ) dipisahkan dari suku-suku gerakan gelombang ( $\xi, \dot{\xi}, \ddot{\xi}$ ). Ruas kiri merupakan persamaan yang dinyatakan sebagai respon natural pada *displacement* awal dalam *still water* sedangkan ruas kanan dinyatakan sebagai kondisi gelombang yang disebut dengan *forcefunction*. Dengan melakukan substitusi pada persamaan

$\frac{dw_r}{dt}, \frac{dz_r}{dt}, z_r$ , dan  $\ddot{z}$  diperoleh :

$$\int m_n(\ddot{z} - \xi \ddot{\theta}) d\xi + \int a_n(\ddot{z} - \xi \ddot{\theta} + 2u\dot{\theta} - \xi e^{-kz}) d\xi + (\int b_n(\dot{z} - \xi \dot{\theta} + u\theta - \xi e^{-kz}) d\xi) - (\int \frac{dq}{d\xi}(\dot{z} - \xi \dot{\theta} + u\theta - \xi e^{-kz}) + \int c_n(z - \xi \theta - \xi e^{-kz}) d\xi = 0 \quad (2.41)$$

Dilakukan penyusunan kembali dengan mengelompokkan persamaan sisi kiri dan sisi kanan, sehingga menghasilkan :

$$\begin{aligned} m_n(\ddot{z} - \xi\ddot{\theta}) + a_n(\ddot{z} - \xi\ddot{\theta} + 2u\dot{\theta}) + \frac{dq}{d\xi}(\dot{z} - \xi\dot{\theta} + u\theta) + c_n(z - \xi\theta) \\ = \xi^{-kz}a_n - \xi e^{-kz}b_n - u \frac{da_n}{d\xi} \xi e^{-kz} + \xi e^{-kz}c_n \end{aligned} \quad (2.42)$$

Pada persamaan diatas, ruas kanan menyatakan *exciting force* untuk masing-masing strip yang disebabkan oleh gelombang  $df/dx$ . Dengan mengasumsikan terjadinya gelombang reguler dan harmonik maka :

$$\xi = \xi \sin k(x - v_w t) \quad (2.43)$$

Dengan mengombinasikan persamaan  $x = \xi + ut$  dengan persamaan diatas didapatkan :

$$\xi = \xi a \sin k(\xi + (u - v_w)t) \quad (2.44)$$

Karena  $-k(u - v_w) = \omega_e$  dan  $\omega_e$  merupakan frekuensi *encounter*, maka kecepatan dan percepatan elevasi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\xi = \xi \sin(k\xi - \omega_e t) \quad (2.45)$$

$$\dot{\xi} = \xi \cos(k\xi - \omega_e t) \quad (2.46)$$

$$\ddot{\xi} = -\xi \sin(k\xi - \omega_e t) \quad (2.47)$$

Sehingga didapatkan persamaan dasar gerakan kopel *heave* dan *pitch* yaitu :

$$(m + a_z)\ddot{z} + b\dot{z} + cz + d\ddot{\theta} + e\dot{\theta} + h\theta = F(t) \quad (2.48)$$

Dimana :

$$m = \int m_n d\xi$$

$$a_z = \int a_n d\xi$$

$$b = \int b_n d\xi$$

Hal ini dikarenakan asumsi bahwa  $u \int (da_n/d\xi) d\xi = 0$  maka :

$$c = \int c_n d\xi$$

Dapat dinyatakan juga sebagai  $\rho g \int B_n d\xi$ , dimana  $B_n$  adalah *breadth* pada masing-masing seksi.

$$d = - \int a_n \xi d\xi$$

Dengan momen massa total di dekat CG harus bernilai 0 ( $\int M_n \xi d\xi = 0$ )

$$\begin{aligned} e &= - \int b_n \xi d\xi + 2u \int a_n d\xi + u \int \left( da_n/d\xi \right) \xi d\xi \\ &= - \int b_n \xi d\xi + ua_z \end{aligned} \quad (2.49)$$

Dengan :

$$\int \xi \left( da_n/d\xi \right) d\xi = \int \xi d a_n = -a_z$$

Maka :

$$h = - \int c_n \xi d\xi + u \int b_n d\xi = - \int c_n \xi d\xi + ub$$

Karena :

$$u^2 \int \left( da_n/d\xi \right) d\xi = 0$$

dan

$$\begin{aligned}
F(t) &= \int (dF/dx) dx \\
&= \zeta_a e^{-kz} \int (-\omega_e^2 + c_n) x \sin(k\xi - \omega_e t) d\xi - \zeta_a e^{-kz} \omega_e \int \left( b_n - \right. \\
&\quad \left. u^{da_n/d\xi} \right) \cos(k\xi - \omega_e t) d\xi
\end{aligned} \tag{2.50}$$

*Exciting force* (f) merupakan sinusoidal natural dan secara umum dinyatakan sebagai berikut:

$$F_o = F_1 \cos \omega_e t + F_2 \sin \omega_e t = F_0 \cos(\omega_e t + \sigma) \tag{2.51}$$

$F_o$  merupakan amplitudo *exciting force* yang dinyatakan sebagai berikut ini:

$$F_o = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

Seangkan  $\sigma$  merupakan sudut fase antara gaya eksitasi relatif terhadap gerakan gelombang.

$$\sigma = -\tan^{-1} \left( \frac{F_1}{F_2} \right)$$

$F_o$  dan  $\sigma$  diperoleh berdasarkan penyelesaian *forcing force*,  $F_1$  dan  $F_2$  didapat dengan persamaan:

$$F_1 = \int (dF_1/dx) dx$$

Dimana :

$$dF_1/dx = \zeta_a e^{-kz} (-\omega_e^2 a_n + c_n) \sin k\xi - \zeta_a e^{-kz} \omega_e \left( b_n - u^{da_n/d\xi} \right) \cos k\xi \tag{2.52}$$

$$dF_2/dx = \zeta_a e^{-kz} (-\omega_e^2 a_n + c_n) \cos k\xi - \zeta_a e^{-kz} \omega_e \left( b_n - u^{da_n/d\xi} \right) \sin k\xi \tag{2.53}$$

Persamaan 2.51 merupakan persamaan gerak pertama yang sudah dijelaskan sebelumnya yang dipengaruhi oleh semua gaya. Maka, pada persamaan kedua ini merupakan gerakan angular yang berlawanan dengan persamaan pertama yang dituliskan sebagai berikut :

$$(I_{yy} + A_{yy})\ddot{\theta} + B\dot{\theta} + C\theta + D\ddot{z} + E\dot{z} + Hz = M(t) \quad (2.54)$$

Dimana :

$$A_{yy} : \text{massa tambah moment inersia} : \int a_n \xi^2 d\xi$$

$$B : \text{moment perendam} : \int b_n \xi^2 d\xi \text{ karena } 2u \int a_n \xi d\xi = -u \int \frac{da_n}{d\xi} \xi^2 d\xi$$

$$C : \text{moment pengembali} : \int c_n \xi^2 d\xi - uE$$

Sedangkan  $D$ ,  $E$ , dan  $H$  merupakan bentuk kopel yang dinyatakan sebagai :

$$D : d$$

$$E : - \int b_n \xi d\xi - uaz$$

$$F : \int c_n \xi d\xi$$

$$M : \text{momen eksitasi} : Mo \cos(\omega e + \tau) = \int \frac{dF}{d\xi} \xi d\xi$$

$Mo$  pada persamaan diatas merupakan amplitudo *exciting moment*

$$Mo = \sqrt{M_1^2 + M_2^2}$$

Sedangkan  $\tau$  merupakan selisih fase dari *exciting moment* terhadap gerakan gelombang.

$$\tau = -\tan^{-1}(M_2/M_1)$$

Persamaan untuk  $M_1$  adalah :

$$M_1 = \int dM_1/dx d\xi$$

Dimana,

$$dM_1/dx = \xi(dF_1/dx)$$



Persamaan untuk  $M_2$  adalah :

$$M_2 = \int \frac{dM_2}{dx} d\xi$$

Dimana,

$$\frac{dM_2}{dx} = \xi \left( \frac{dF_2}{dx} \right)$$

Solusi persamaan gerak termasuk di dalamnya amplitudo dan beda fase, keduanya dapat ditulis dalam bentuk kompleks :

$$\bar{F} = Foe^{i\sigma} \quad (2.55)$$

$$\bar{M} = Moe^{i\tau} \quad (2.56)$$

Nilai  $\bar{F}$  dan  $\bar{M}$  merepresentasikan fungsi gaya dalam bentuk kompleks. Pada persamaan gerak satu dan kedua yang sudah di paparkan sebelumnya terdapat bentuk kompleks untuk persamaan tersebut dibagi menjadi  $P$ ,  $Q$ ,  $R$ , dan  $S$  dimana berasal dari persamaan gerak satu didapat :

$$P = -(m + a_z)\omega^2 + iB\omega + c \quad (2.57)$$

$$Q = -d\omega^2 + ie\omega + h \quad (2.58)$$

Berasal dari persamaan gerak kedua :

$$S = -(I_{yy} + A_{yy})\omega^2 + iB\omega + c \quad (2.59)$$

$$R = -D\omega^2 + iE\omega + H \quad (2.60)$$

Jika dalam persamaan gerak *heave* dan *pitch*  $\bar{z}$  merupakan turunan dari  $z$  dan  $\bar{\theta}$  merupakan turunan dari  $\theta$ . Maka dapat dituliskan persamaan gerak dalam bentuk umum :

$$\text{Persamaan pertama (heave)} : P\bar{z} + Q\bar{\theta} = \bar{F} \quad (2.61)$$

$$\text{Persamaan kedua (pitch)} : R\bar{z} + S\bar{\theta} = \bar{M} \quad (2.62)$$

Nilai  $\bar{z}$  dan  $\bar{\theta}$  merupakan *complex amplitudes of motion*, memiliki persamaan sebagai berikut :

$$\bar{z} = z_a e^{i\delta}$$

$$\bar{\theta} = \theta_a e^{i\varepsilon}$$

Berdasarkan persamaan  $e$  yang sudah di jelaskan sebelumnya kita dapat menyelesaikan persamaan  $\bar{z}$  dan  $\bar{\theta}$  yaitu sebagai berikut untuk persamaan *heave* :

$$\bar{z} = \frac{\bar{F} - Q\bar{\theta}}{P} \quad (2.63)$$

$$\bar{\theta} = \frac{\bar{F} - P\bar{z}}{Q} \quad (2.64)$$

Untuk persamaan *pitch* :

$$\bar{z} = \frac{\bar{M} - S\bar{\theta}}{R} \quad (2.64)$$

$$\bar{\theta} = \frac{\bar{M} - R\bar{z}}{S} \quad (2.65)$$

Dengan persamaan kesebandingan  $\bar{z}$  dan  $\bar{\theta}$  dapat diperoleh persamaan :

$$\frac{\bar{F} - Q\bar{\theta}}{P} = \frac{\bar{M} - S\bar{\theta}}{R}$$

$$\frac{\bar{F} - P\bar{z}}{Q} = \frac{\bar{M} - R\bar{z}}{S}$$

Penyelesaian untuk persamaan  $\bar{z}$  dan  $\bar{\theta}$  digunakan untuk memperoleh solusi untuk *heave* dan *pitch* yang kompleks yaitu :

$$\bar{z} = \frac{\bar{M}Q - S\bar{F}}{QR - PS} \quad (2.66)$$

$$\bar{\theta} = \frac{\bar{F}R - \bar{M}P}{QR - PS} \quad (2.67)$$

Diperoleh untuk penyelesaian final mendapatkan amplitudo dan beda fase untuk  $\bar{z}$  dan  $\bar{\theta}$  :

$$\bar{z} = z_a e^{i\delta} = z_a (\cos\delta + i \sin\delta) \quad (2.68)$$

$$\bar{\theta} = \theta_a e^{i\varepsilon} = \theta_a (\cos \varepsilon + i \sin \varepsilon) \quad (2.69)$$

Dimana nilai  $Z_a$  adalah amplitudo *heave* dan  $\delta$  adalah beda fase, sedangkan untuk  $\theta_a$  dan  $\varepsilon$  untuk gerakan *pitch*.

### 2.2.11. Gerakan vertikal haluan

Gerakan vertikal setiap titik sepanjang bangunan apung diatas gelombang regular merupakan gerakan harmonic. Persamaan gerak vertikal pada *centre of gravity* (CG):

$$Z = Z_a \sin \omega_e t \quad (2.70)$$

Persamaan gerak pada setiap titik yang berjarak  $\xi$  dari CG:

$$Z_\xi = (Z_\xi)_a \sin \omega_e t \quad (2.71)$$

Jika diasumsikan kapal bergerak pada gelombang regular, gerakan haluan dinotasikan dengan  $Z_b$  maka persamaan diatas menjadi:

$$Z_b = Z + \xi \sin \theta \quad (2.72)$$

$$Z_b = Z + \xi \theta \text{ (jika harga } \theta \text{ kecil)} \quad (2.73)$$

Apabila titik b (bow) terletak pada perpotongan antara haluan dan garis air tenang (waterline) maka dapat dikatakan tidak ada gerakan haluan (harga  $Z_b = 0$ ). Umumnya ketika titik b berada di atas garis air tenang maka harga  $Z_b > 0$  dan ketika titik b terletak di bawah garis air tenang maka harga  $Z_b < 0$ . Kejadian *bow emergence* (haluan terangkat) terjadi bilamana harga  $Z_b > T$  (draft) dan peristiwa *bow submerge* (haluan terbenam) terjadi bila harga  $Z_b < f_b$  dimana  $f_b$  adalah *freeboard* (Bhattacharyya, 1978).

Dalam gelombang regular persamaan gerak *heaving* dan *pitching* dinyatakan dalam bentuk:

$$Z = Z_a \cos (\omega_e t + \mathcal{E}_z) \quad (2.74)$$

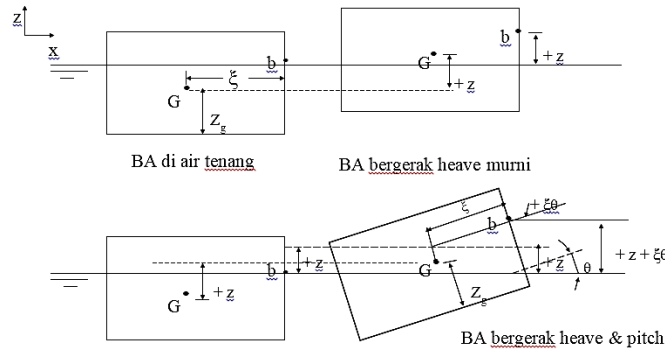
$$\theta = \theta_a \cos (\omega_e t + \mathcal{E}_\theta) \quad (2.75)$$

Dimana:

$\mathcal{E}_z$  = sudut fase gerakan *heaving* terhadap gelombang

$\mathcal{E}_\theta$  = sudut fase gerakan *pitching* terhadap gelombang

Gerakan struktur terapung untuk *heave* dan *pitch* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9** Gerakan struktur terapung

Sehinga gerakan haluan ( $Z_b$ ) dapat dituliskan menjadi:

$$Z_b = Z_a \cos (\omega_e t + \mathcal{E}_z) + \xi \theta_a \cos (\omega_e t + \mathcal{E}_\theta) \quad (2.76)$$

$$Z_b = (Z_b)_a \cos (\omega_e t + \mathcal{E}_b) \quad (2.77)$$

Dimana:

$$(Z_b)_a = \sqrt{Z_a^2 + (\xi \theta_a)^2 + 2Z_a \xi \theta_a \cos(\mathcal{E}_z - \mathcal{E}_\theta)} \quad (2.78)$$

Dan

$$\tan \mathcal{E}_b = \frac{Z_a \sin \mathcal{E}_z + \xi \theta_a \sin \mathcal{E}_\theta}{Z_a \cos \mathcal{E}_z + \xi \theta_a \cos \mathcal{E}_\theta} \quad (2.79)$$

Kecepatan gerak vertikal (*vertical velocity*) bangunan apung pada gelombang reguler bersifat harmonic dan dinyatakan dalam persamaan:

$$\frac{dz_{\xi}}{dt} = \omega_{\xi}(Z_{\xi})_a \cos \omega_{\xi} t \quad (2.80)$$

Percepatan gerak vertikal (*vertical acceleration*) bangunan apung pada gelombang regular bersifat harmonic dan dinyatakan dalam persamaan:

$$(\ddot{z})_a = \omega_e^2 (z_a) \quad (2.81)$$

### 2.2.12. Gerak vertikal haluan relatif

Studi mengenai gerak haluan relatif adalah salah satu hal yang menjadi ketertarikan dalam kualitas *seakeeping* pada suatu kapal karena dapat memprediksi terjadinya *green water* dan *slamming*. Gerakan ini ditentukan dari jarak vertikal antara permukaan gelombang pada satu titik baik pada buritan maupun haluan dengan garis area yang sama. Ketika amplitudo dan sudut fase dari gerakan *heaving* dan *pitching* diketahui hubungannya dengan permukaan gelombang maka gerak relatif haluan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$S_b = Z_b - \zeta_b \quad (2.82)$$

$$S_b = (S_b)_a \cos (\omega_e t + \mathcal{E}_s) \quad (2.83)$$

Dimana:

$$(S_b)_a = \sqrt{(Z_b)_a^2 + (\zeta_a)^2 + 2(Z_b)_a \zeta_a \cos(k_e \xi - \mathcal{E}_b)} \quad (2.84)$$

Dan

$$\tan \mathcal{E}_s = \frac{\zeta_a \sin (k_z \xi) + (Z_b)_a \sin \mathcal{E}_b}{\zeta_a \cos (k_z \xi) + (Z_b)_a \cos \mathcal{E}_b} \quad (2.85)$$

### 2.2.13. Response Amplitude Operators (RAO)

*Response Amplitude Operator* (RAO) merupakan alat untuk mentransfer beban luar dalam hal ini gelombang dalam rentang frekuensi menjadi bentuk respon yang diterima pada suatu struktur. Sehingga umumnya RAO juga dikenal sebagai *transfer function* (Chakrabarti, 1987). Selain itu RAO juga bisa diartikan sebagai hubungan antara amplitudo respon terhadap amplitudo gelombang

( $\zeta_{\text{respon}}/\zeta_{\text{gelombang}}$ ). Amplitudo respon bisa berupa gerakan, tegangan, maupun getaran.

Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi (*surge, sway, heave*) merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakan struktur dibanding dengan amplitudo gelombang insiden (keduanya dalam satuan elevasi panjang) (Djarmiko, 2012). Persamaan RAO untuk gerakan translasi sebagai berikut :

$$RAO(\omega) = \left( \frac{\text{Amplitudo Respon Gerakan}}{\text{Amplitudo Gelombang}} \right) = \left( \frac{\zeta_{k0}}{\zeta_0} \right) (m/m)$$

(2.86)

dimana :

$\zeta_{k0}$  : Amplitudo struktur (m)

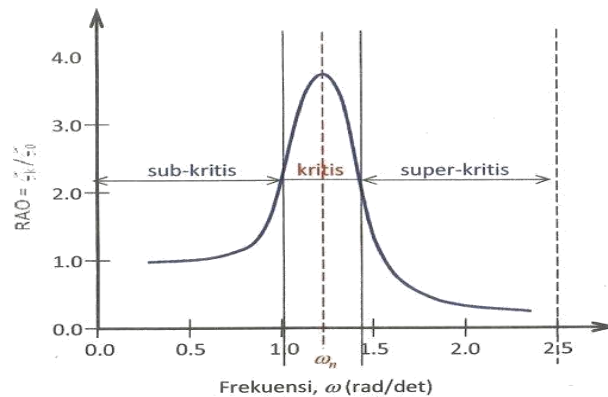
$\zeta_0$  : Amplitudo gelombang (m)

Sedangkan untuk respon gerakan RAO untuk gerakan rotasi (*roll, pitch, yaw*) merupakan perbandingan antara amplitudo gerakan rotasi (dalam radian) dengan kemiringan gelombang, yakni yang merupakan perkalian antara gelombang ( $k_w = \omega^2/g$ ) dengan amplitudo gelombang insiden (Djarmiko, 2012):

$$RAO(\omega) = \frac{\zeta_{k0}}{K_w \zeta_0} = \frac{\zeta_{k0}}{(\omega^2/g) \zeta_0} (rad/rad)$$

(2.87)

Bentuk Umum grafik respon bangunan apung dapat dilihat dalam Gambar 2.10.



**Gambar 2.10** Bentuk umum grafik respons gerakan bangunan apung (Djarmiko, 2012)

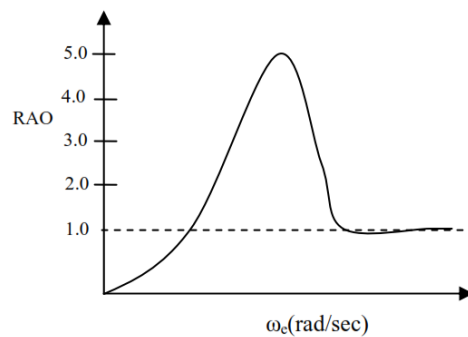
Mengacu pada Gambar 2.10, kurva respons gerakan bangunan apung pada dasarnya dapat dibagi menjadi tiga bagian:

- Pertama adalah bagian frekuensi rendah, atau gelombang (dengan periode) panjang, yang disebut daerah sub-kritis. Pada daerah ini bangunan laut akan bergerak mengikuti pola atau kontur elevasi gelombang yang panjang sehingga amplitudo gerakan kurang lebih akan ekuivalen dengan amplitudo gelombang, atau disebut sebagai *contouring*. Dalam korelasi persamaan hidrodinamis, di daerah frekuensi rendah, atau  $\omega^2$  kurang dari  $k/(m+a)$ , gerakan akan didominasi oleh faktor kekakuan.
- Kedua adalah daerah kritis, meliputi pertengahan lengan kurva di sisi frekuensi rendah sampai dengan puncak kurva dan diteruskan ke pertengahan lengan kurva di sisi frekuensi tinggi. Puncak kurva berada pada frekuensi alami, yang merupakan daerah resonansi, sehingga respons gerakan mengalami magnifikasi, atau amplitudo gerakan akan beberapa kali lebih besar daripada amplitudo gelombang. Secara hidrodinamis di daerah frekuensi alami, yakni  $k/(m+a) < \omega^2 < k/a$ , gerakan akan didominasi oleh faktor redaman.

- c. Ketiga adalah daerah super kritis, yaitu daerah frekuensi tinggi, atau gelombang-gelombang (dengan periode) pendek. Pada daerah ini respons gerakan akan mengecil. Semakin tinggi frekuensi, atau semakin rapat antara puncak-puncak gelombang yang berurutan, maka akan memberikan efek seperti bangunan laut bergerak di atas air yang relatif datar. Oleh karena itu, gerakan bangunan laut diistilahkan sebagai *platforming*. Dalam hal korelasi hidrodinamis, gerakan di daerah frekuensi tinggi ini, dimana  $\omega^2$  kurang dari  $k/a$ , gerakan akan didominasi oleh faktor massa (Djarmiko, 2012).

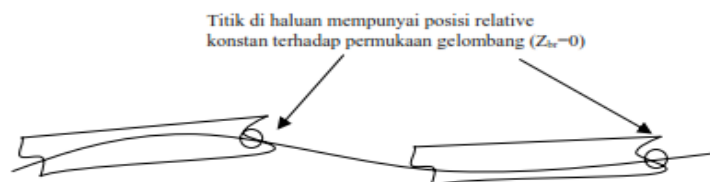
#### 2.2.14. Karakteristik RAO Gerak Relatif Vertikal Haluan

Grafik RAO gerakan relatif vertikal haluan mempunyai bentuk seperti pada Gambar 2.11



**Gambar 2.11** Pola grafik RAO gerakan relatif vertikal haluan  
(Sumber: Perwitasari, 2008)

Dapat dilihat pada Gambar, grafik RAO gerakan relatif vertikal haluan mempunyai pola yang berlawanan dibandingkan dengan grafik RAO gerakan heave. Pada frekuensi rendah RAO-Zbr mempunyai harga mendekati nol, dan naik bersamaan dengan kenaikan frekuensi sampai dengan puncaknya pada frekuensi alami gerakan vertikal, kemudian secara gradual menurun pada frekuensi tertentu (tinggi) dengan harga konstan sekitar 1.0 (unity). Pada frekuensi rendah (gelombang panjang) bangunan apung bergerak mengikuti gerakan gelombang (*conturing*), sehingga gerakan relative vertikal titik-titik dihaluan mempunyai gerakan sangat



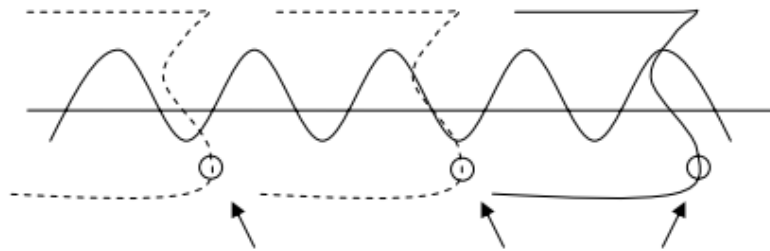


kecil (bahkan sering tidak bergerak) relatif terhadap permukaan gelombang. Pada Gambar 2.12 merupakan ilustrasi titik tinjau pada daerah haluan kapal yang mempunyai posisi relatif konstan terhadap permukaan gelombang.

Sedangkan pada frekuensi tinggi (gelombang pendek) bangunan apung bergerak rata *platforming*. Sehingga gerakan relatif haluan bernilai sama dengan fluktuasi gelombang itu sendiri. Pada Gambar 2.13 merupakan ilustrasi gerakan kapal pada frekuensi rendah yang menunjukkan pada gelombang tersebut

**Gambar 2.12** Struktur pada gelombang panjang (Sumber: Perwitasari, 2008)

gerakan kapal sangat kecil.



**Gambar 2.13** Struktur pada gelombang pendek (Sumber: Perwitasari, 2008)

### 2.2.15 Spektrum Gelombang

Teori gelombang reguler dapat diaplikasikan pada saat desain metode *single wave* di gunakan. Ini tergantung dari metode yang digunakan pada saat proses pendesainan. Pada gelombang acak, ini di deskripsikan dengan densitas spektrum energi. Spektrum energi gelombang mendeskripsikan energi yang terkandung dari gelombang dan itu didistribusikan keseluruhan jangkauan frekuensi pada gelombang acak. Oleh karena itu. Metode gelombang acak mungkin berguna khususnya pada tahap perencanaan bangunan terapung. (Chakrabarti. 1987) Pemilihan spektrum energi gelombang didasarkan pada kondisi real laut yang ditinjau. Bila tidak ada maka dapat digunakan model spektrum yang dikeluarkan oleh berbagai institusi dengan mempertimbangkan kesamaan fisik lingkungan.

Untuk perairan Indonesia spectrum yang cocok adalah dengan menggunakan spectrum jonswap. Spectrum jonswap sebenarnya digunakan untuk perairan laut terbuka di *north sea* sedangkan laut Indonesia adalah laut tertutup yang relative tidak seganas *north sea*. Dengan menggunakan spectrum jonswap untuk laut Indonesia diharapkan hasil perhitungan akan lebih aman, jika menggunakan spectrum jonswap yang seharusnya digunakan untuk laut ganas saja aman apalagi jika digunakan di laut Indonesia pasti juga aman. Spectrum jonswap yang digunakan untuk laut Indonesia biasanya tetap dilakukan penyesuaian agar hasil yang di dapat tidak terlalu *overdesain*.

Spektrum gelombang yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah spektrum JONSWAP. Persamaan spektrum JONSWAP merupakan modifikasi dari persamaan spektrum Pierson-Morkowitz yang disesuaikan dengan kondisi laut yang ada (Djarmiko,2012) Persamaan spektrum JONSWAP dapat ditulis sebagai berikut :

$$S_j(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp\left(-1,25 \left(\frac{\omega}{\omega_m}\right)^{-4}\right) \gamma^{\exp\left(-0,5 \left(\frac{\omega - \omega_p}{\sigma \omega_p}\right)^2\right)} \quad (2.87)$$

Dengan,

$\omega_m$  = frekuensi puncak spektra (spectral peak frequency)

$\gamma$  = parameter puncak (peakedness parameter)

$\sigma$  = parameter bentuk (shape parameter) untuk  $\omega \leq \omega_m = 0,07$  dan  $\omega \geq \omega_m = 0,09$

$$\gamma = \exp\left[3.4843 \left(1 - 0.1975 \left(0.036 - 0.0056 \frac{T_p}{\sqrt{H_s}}\right) \frac{T_p^4}{H_s^2}\right)\right] \quad (2.88)$$

dengan:

$T_p$  = periode puncak spektra

$H_s$  = tinggi gelombang signifikan

### 2.2.16 Spektra Respon

Spektra respon bangunan apung adalah distribusi energi respon gerakan bangunan apung di gelombang acak. Spektra respon ini diperoleh dari hasil perkalian antara spectra gelombang dengan RAO kuadrat. RAO merupakan respon bangunan pada gelombang regular sehingga RAO bernilai linear sedangkan spektra gelombang merupakan parameter non linear sehingga keduanya tidak dapat dikalikan secara langsung. Untuk mengubah RAO menjadi parameter non linear maka RAO harus dikuadratkan sehingga nantinya setara dengan spektra gelombang dan dapat dikalikan. Spektra respon dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut ini

$$S_R = (RAO_{(\omega)})^2 \times S_{(\omega)} \quad (2.89)$$

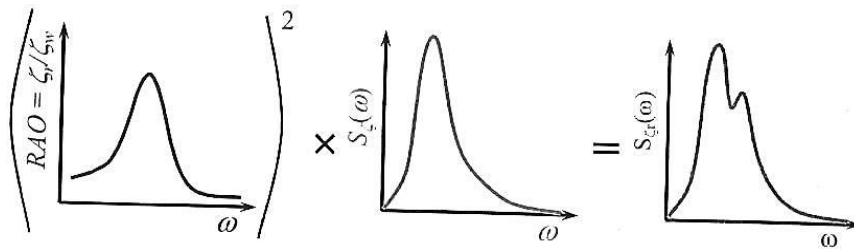
Dengan :

$S_R$  : Respon spektra struktur ( $m^2$ -sec)

$S_{(\omega)}$  : Spektrum gelombang ( $m^2$ -sec)

$(RAO_{(\omega)})^2$  : *Transfer function*

$\omega$  : Frekuensi gelombang (rad/sec)



**Gambar 2. 14** Transformasi Spektra Gelombang menjadi Spektra Respons (Sumber: Djatmiko, 2012)

Gambar 2.14 merupakan hasil transformasi grafik spektra gelombang dengan grafik  $(RAO)^2$  menjadi grafik spektra respon.

### 2.2.17 Teori Slamming

*Slamming* adalah peristiwa yang terjadi akibat gerakan vertikal kapal dan dalam kondisi gerakan ekstrim dapat menyebabkan haluan kapal keluar dari permukaan air dan akan mengalami *slamming* pada saat haluan kapal kembali jatuh ke permukaan air. *Slamming* akan terjadi apabila 2 (dua) syarat berikut terpenuhi:

- a) Dasar haluan naik melewati (*emerge*) gelombang, atau dengan kata lain gerakan relatif bertikal haluan melampaui sarat air bagian haluan
- b) Kecepatan relatif vertikal haluan mempunyai harga yang melewati kecepatan ambang batas *slamming* atau *threshold velocity*. Efek dari *slamming* hanya terjadi atau dialami oleh kapal bila pada saat bagian dasar haluan masuk kembali ke dalam air dan memiliki kecepatan yang cukup besar. Bila kecepatan terlalu rendah maka haluan dapat dikatakan hanya tercelup ke dalam air, sehingga efek hempasan dari *slamming* tidak dapat dirasakan.

#### 2.2.17.1 Peluang Kejadian *Slamming*

Peluang terjadinya *slamming* harus memenuhi syarat yaitu dasar haluan naik melewati (*emerge*) gelombang dan kecepatan relatif vertikal haluan mempunyai harga yang melewati kecepatan ambang batas *slamming* atau *threshold velocity*. Diperlukan perhitungan peluang gerakan vertikal haluan relatif yang lebih besar dari sarat air bagian haluan, dalam matematis ditulis sebagai berikut :

$$\Pr(\text{haluan terangkat}) = \Pr(Z_{br} > T_b) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}}\right) \quad (2.90)$$

Peluang kecepatan relatif vertikal haluan lebih besar dari kecepatan ambang batas *slamming* perlu diketahui juga dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Pr(\text{kec. ambang batas terlampaui}) = \Pr(V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{V_{th}^2}{2m_{0Vbr}}\right) \quad (2.91)$$

Dimana:

$Z_{br}$  : Gerakan relatif vertikal haluan

- $V_{br} = \dot{Z}_{br}$  : Kecepatan relatif vertikal haluan  
 $T_b$  : Sarat air di haluan (posisi slamming ditinjau)  
 $V_{th}$  : Kecepatan ambang batas slamming  
 $m_{0Zbr}$  : Varian atau luasan di bawah spektra respons gerakan relatif vertikal haluan  
 $m_{0Vbr}$  : Varian atau luasan di bawah spektra respons kecepatan relatif vertikal haluan  
 $m_{0Vbr} = m_{2Zbr}$  : Momen kedua luasan di bawah spektra respons gerakan relatif vertikal haluan.

Dari dua persamaan diatas, dapat dikombinasikan untuk mendapatkan peluang terjadinya *slamming* dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Pr(slam) = \Pr(Z_{br} > T_b \text{ dan } V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{0Vbr}}\right) \quad (2.92)$$

Untuk kecepatan ambang batas atau lebih dikenal dengan *threshold velocity* dapat diperoleh dengan mengambil acuan sebagai berikut :

- harga  $V_{th} = 0.5$  m/det sebagai harga rata-rata bila bangunan laut melaju dengan kecepatan sekitar  $Fn = 0.10$ . Bila kecepatan rendah ( $Fn = 0.05$ ) dapat diambil  $V_{th} = 0.775$  m/det, atau bila kecepatan lebih tinggi ( $Fn = 0.145$ ) dapat diambil  $V_{th} = 0.20$  m/det (Tasai. 1965).
- $V_{th} = 12.0$  ft/det (= 3.65 m/det) untuk kapal dengan panjang ( $L_{ref}$ ) 520 ft (= 158.5 m), bila panjang kapal mempunyai harga ( $L_s$ ) berbeda maka  $V_{th}$  dapat diperoleh dengan memperhitungkan hukum skala, yakni  $V_{th} = 12\sqrt{L_s/L_{ref}}$  ft/det. Sebagai misal kapal yang dikaji mempunyai  $L_s = 550$  ft (= 167.6 m) maka kecepatan ambang

batasnya adalah  $V_{th} = 12\sqrt{550/520} = 12.6$  ft/det (= 3.84 m/det) (Bhattacharyya, 1978).

Dalam analisis slamming  $m_{0Zbr}$  dan  $m_{0Vbr}$  dapat diperoleh dengan melakukan analisis spektra respons gerakan (dan kecepatan) relatif vertikal haluan, yakni dengan terlebih dulu melakukan komputasi RAO  $Z_{br}$  dan  $V_{br}$ .

### 2.2.17.2 Intensitas Slamming

Penentuan jumlah kejadian slamming per satuan waktu dapat dihitung dengan memakai persamaan berikut :

$$N_{slam} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2Zbr}}{m_{0Zbr}}} \times \Pr(slam) \text{ 1/det} \quad (2.93)$$

atau

$$N_{slam} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2Zbr}}{m_{0Zbr}}} \times \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{0Vbr}}\right) \text{ 1/det} \quad (2.94)$$

atau

$$N_{slam} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2Zbr}}{m_{0Zbr}}} \times \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{2Zbr}}\right) \text{ 1/det} \quad (2.95)$$

Bilamana ingin diketahui jumlah kejadian slamming dalam waktu operasi tertentu ( $T_0$  jam), maka dapat dihitung dengan modifikasi persamaan sebelumnya menjadi :

$$N_{slam(T_0 \text{ jam})} = \frac{3600 \times T_0}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2Zbr}}{m_{0Zbr}}} \times \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{2Zbr}}\right) \quad (2.96)$$

### 2.2.17.3 Tekanan Slamming

Besarnya tekanan yang terjadi pada dasar kapal di haluan akibat terjadinya *slamming* dapat dihitung dengan mempertimbangkan kecepatan relatif vertikal haluan ekstrim  $\hat{V}_{br}$  (Djatkiko, 2002) , yakni:

$$P_s = \frac{1}{2} \rho k \hat{V}_{br}^2 \text{ (kPa)} \quad (2.97)$$

Dimana  $\rho$  adalah massa jenis air laut, k koefisien *slamming* (= 9.0 rata – rata).  
Kecepatan relatif vertikal haluan  $\hat{V}_{br}$  dapat dihitung dengan persamaan:

$$\hat{V}_{br} = \sqrt{2 \times \ln \left\{ \frac{3600T_0}{2\pi} \exp \left( -\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{0Vbr}} \right) \right\} \sqrt{\frac{2m_{2Vbr}}{2m_{0Zbr}}} \times \sqrt{2m_{0Zbr}}} \quad (2.98)$$

Atau

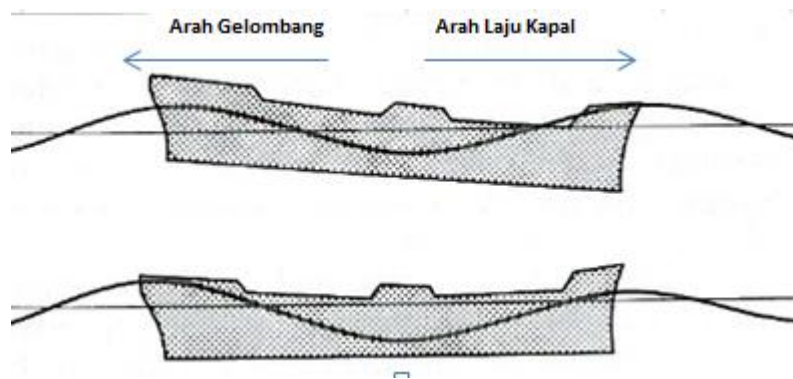
$$\hat{V}_{br}^2 = 2 \times \ln \left\{ \frac{3600T_0}{2\pi} \exp \left( -\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{0Vbr}} \right) \right\} \sqrt{\frac{2m_{2Vbr}}{2m_{0Zbr}}} \times 2m_{2Zbr} \quad (2.99)$$

Sehingga tekanan akibat *slamming* menjadi:

$$P_s = \rho k \times \ln \left\{ \frac{3600T_0}{2\pi} \exp \left( -\frac{T_b^2}{2m_{0Zbr}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{0Vbr}} \right) \right\} \sqrt{\frac{2m_{2Vbr}}{2m_{0Zbr}}} \times 2m_{2Zbr} \quad (2.100)$$

### 2.2.18 Teori Greenwater

Pengertian *greenwater* adalah kondisi melimpahnya air masuk ke dalam *deck* kapal yang biasanya terjadi ketika badai besar atau gelombang tinggi yang menyebabkan gelombang masuk ke dalam geladak haluan. *Greenwater* juga dikenal dengan nama *deckwetness*, dikarenakan ketika terjadinya *greenwater* kondisi haluan akan terbenam dikarenakan adanya gerak relatif haluan yang besar. Posisi relatif kapal saat berada di gelombang menentukan terjadinya *greenwater* pada kapal.



**Gambar 2.15** Pengaruh perbedaan fase antara gelombang dan gerak pada haluan terbenam (Bhattacharya, 1978)

Pada Gambar diatas bisa dilihat bahwa kapal bergerak pada gelombang reguler. Kondisi gerakan *pitch* pada kapal yang berukuran sama dan memiliki kondisi lingkungan sama bisa mengalami perbedaan. Hal ini disebabkan oleh adanya hubungan fase antara gerak kapal dan profil pada gelombang. Pada Gambar pertama, model mengalami *greenwater* pada bagian geladak. Sedangkan pada haluan model lain, haluan tidak tenggelam.

#### 2.2.18.2 Peluang Kejadian Greenwater

*Greenwater* dianggap terjadi bilamana tinggi gelombang melampaui tinggi *freeboard*. Maka perlu diperhatikan dan diketahui seberapa besar tinggi gelombang yang dialami nantinya ketika beroperasi. harga respon ekstrem,  $\hat{z}_R$  (dalam m), dapat dihitung memakai persamaan :

$$\hat{z}_R = [2 \ln N]^{1/2} \sqrt{M_{OR}} CF \quad (2.101)$$

Dalam persamaan berikut, nilai  $N$  menunjukkan jumlah siklus gelombang acak ketika kapal beroperasi. Distribusi amplitudo kapal yang memiliki kecenderungan didekati dengan distribusi *rayleigh* dapat diperkirakan harga untuk  $N$  dengan mempertimbangkan momen spektra respon dan jangka waktu terjadinya gelombang  $T$  (jam), sebagai berikut :



$$N = \frac{60^2 T}{2\pi} \sqrt{\frac{m^{2R}}{m^{0R}}} \quad (2.102)$$

Nilai pada variabel  $m^{2R}$  dan  $m^{0R}$  merupakan luasan dan momen kedua dari luasan di bawah dari spektra respon. Yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$m^{0R} = \int_0^\infty S_R(\omega e) d\omega e \quad (2.103)$$

$$m^{2R} = \int_0^\infty \omega e^2 S_R(\omega e) d\omega e \quad (2.104)$$

Nilai CF pada persamaan  $\check{z}_R$  menunjukan koreksi karakteristik lebar spektrum atau *spectral bandwidthness*, yang dapat diperoleh melalui persamaan :

$$CF = \sqrt{1 - \varepsilon^2} = \sqrt{1 - \frac{m_{0R}m_{4R} - m_{2R}^2}{m_{0R}m_{4R}}} \quad (2.105)$$

Nilai  $m_{4R}$  pada perhitungan diatas merupakan momen keempat pada luasan dibawah spektra respon dengan persamaan sebagai berikut :

$$m^{4R} = \int_0^\infty \omega e^4 S_R(\omega e) d\omega e \quad (2.106)$$

Jika tinggi *freeboard* efektif didefinisikan sebagai  $f^1(1)$ , yakni tinggi *freeboard* pada lokasi tertentu sepanjang kapal, maka *greenwater* akan terjadi bila tinggi gelombang ekstrem  $\check{z}_R \geq f^1(1)$ , dengan mempertimbangkan luasan dibawah kurva spektra respons (Bhattacharya, 1978) :

$$p \{ \check{z}_R \geq f^1(1) \} = e^{-\frac{(f^1(1))^2}{2m_0}} \quad (2.107)$$

Persamaan ini dapat diinterpretasikan sebagai berapa kali kapal mengalami *greenwater* pada saat melaju di atas N siklus gelombang acak yang terjadi dalam operasi T jam.

### 2.2.18.2 Intenitas Greenwater

Dalam menentukan intensitas atau jumlah peluang kejadian perjam terjadinya *greenwater* dapat menggunakan persamaan :

$$N_T = \frac{\text{peluang greenwater}}{\text{periode rata-rata}} \times 3600 = \frac{P_v}{T} \times 3600 \quad (2.108)$$

Dimana :

$N_T$  : Jumlah kejadian *greenwater* dalam 1 jam

$P_F$  : Peluang kejadian *greenwater*

$T$  : Periode gelombang (dapat diasumsikan sebagai  $T_0$ )

Sedangkan untuk menghitung kejadian *greenwater* setiap detika dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$N_{\text{greenwater}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2Zbr}}{m_{0Zbr}}} \times \text{Pr}(\text{greenwater}) \quad (2.109)$$

### 2.2.18.3 Tekanan Greenwater

Perhitungan tekanan *greenwater* diawali dengan menghitung luasan air laut yang masuk ke *deck* yang di dapat dari grafik elevasi. Perhitungan luasan tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan *simpson* dengan membagi secara vertikal luasan tiap – tiap bagian dan selanjutnya dijumlahkan sehingga didapatkan luas total air laut yang masuk ke *deck*.

Setelah mendapatkan nilai luasan air laut yang masuk ke *deck*, maka dapat dihitung volume dengan mengalikan lebar *deck*. Tekanan yang masuk kedalam haluan kapal akibat terjadinya *greenwater* selanjutnya dapat diperhitungkan. Untuk menghitung besar tekanan yang diterima struktur *deck* akibat *greenwater* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_{\text{wet}} = \frac{F_{\text{wet}}}{L_{\text{wet}} \times B_b} \text{ (kPa)} \quad (2.110)$$

$$F_{\text{wet}} = A_{\text{wet}} \times B_b \times 1.025 \times a_r \quad (2.111)$$

Dimana:

$P_{wet}$  = tekanan *deck* ( $\text{kN/m}^2$ )

$F_{wet}$  = gaya akibat *greenwater* diatas *deck* ( $\text{kN/m}^2$ )

$L_{wet}$  = panjang area *deck wetness*

$B_b$  = lebar area *deck wetness*

$A_{wet}$  = luasan air yang masuk ke area *deck wetness*

$a_r$  = percepatan vertikal relatif

### 2.2.19 Tegangan normal

Tegangan normal adalah tegangan yang dapat ditimbulkan oleh gaya aksial dan juga momen lentur.

- Tegangan aksial adalah tegangan normal yang berkerja tegak lurus pada suatu bidang penampang. Tegangan aksial disebabkan oleh gaya tarik atau tekan. Persamaan tegangan aksial adalah sebagai berikut

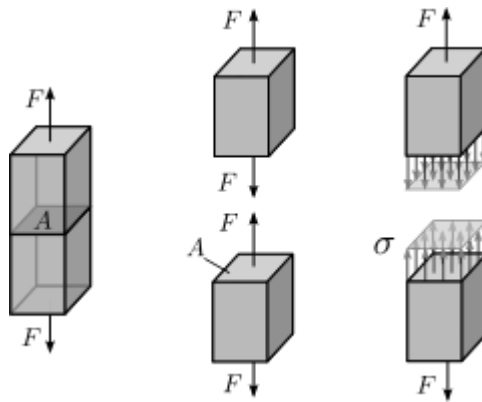
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.112)$$

dengan:

F : gaya yang bekerja dalam arah tegak lurus terhadap penampang (N)

A : luas penampang ( $\text{m}^2$ )

$\sigma$  : tegangan aksial (Pa)



**Gambar 2.16** ilustrasi tegangan aksial

- Tegangan bending adalah resultan dari momen luar dan momen dalam yang terjadi pada struktur. Persamaan tegangan bending adalah sebagai berikut

$$\sigma = \frac{M y}{I} \quad (2.113)$$

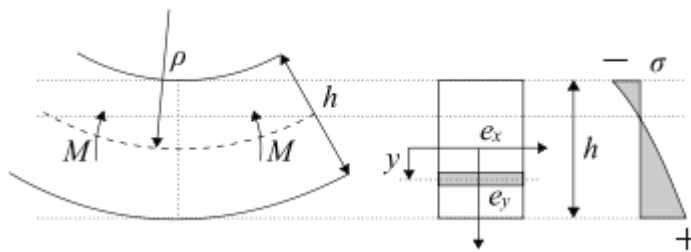
dengan:

M : momen yang bekerja (N m)

y : jarak dari sumbu bidang hingga ke serat terluar (m)

I : momen inersia (m<sup>4</sup>)

$\sigma$  : tegangan aksial (Pa)



**Gambar 2.17** ilustrasi tegangan bending

### 2.2.20. Tegangan geser

Tegangan geser adalah tegangan yang diakibatkan oleh gaya geser yang bekerja sejajar bidang penampang. Persamaan tegangan geser adalah sebagai berikut.

$$\tau = \frac{VQ}{It} \quad (2.114)$$

dengan:

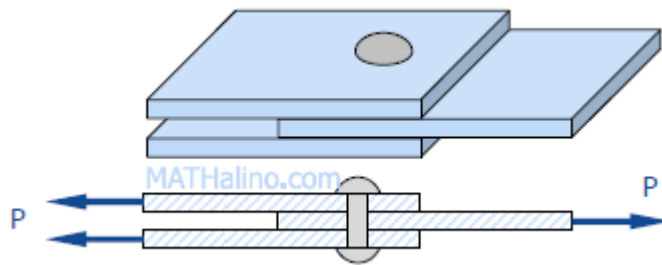
V : gaya geser (N)

Q : momen statis dari area ( $m^3$ )

I : Inersia luas bidang penampang ( $m^4$ )

$\tau$  : tegangan aksial (Pa)

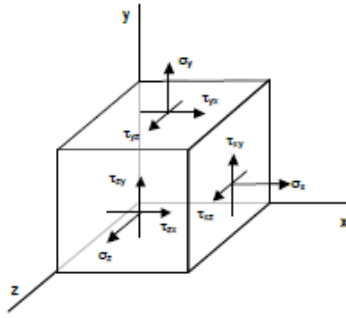
t : lebar balok (m)



**Gambar 2.18** ilustrasi tegangan geser

### 2.2.21. Tegangan *von mises*

Tegangan *von mises* adalah sebuah tegangan saklar yang merupakan hasil dari penjumlahan 6 komponen tegangan (3 komponen tegangan normal dan 3 komponen tegangan geser) atau bisa disebut juga tegangan majemuk. Dalam metode elemen hingga akan ada 6 komponen tegangan yang dihitung, namun bagaimana caranya kita membandingkan nilai tegangan yang terjadi dengan nilai dari yield stress material itu sendiri, disinilah tegangan *von mises* digunakan untuk mendapat satu nilai tegangan yang nantinya dapat dibandingkan dengan yield stress materialnya.



**Gambar 2.19** 6 komponen tegangan pada suatu penampang 3 dimensi

Pada elemen tiga dimensi, bekerja tegangan-tegangan searah sumbu x, y, dan z. Pada tiap-tiap sumbu dapat diketahui tegangan utama ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) yang dihitung dari komponen tegangan dengan persamaan sebagai berikut :

Tegangan maksimum yang terjadi pada struktur didapatkan dari penggabungan tegangan yang terjadi pada masing-masing arah (Gambar 2.23). Persamaan tegangan gabungan dapat dinyatakan sebagai persamaan tegangan *von mises* :

$$\sigma_{eq} = \frac{\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}}{2} \quad (2.115)$$

dengan:

$\sigma_{eq}$  = tegangan ekuivalen (*von mises stress*) (Pa)

$\sigma_x$  = tegangan normal sumbu x (Pa)

$\sigma_y$  = tegangan normal sumbu y (Pa)

$\sigma_z$  = tegangan normal sumbu z (Pa)

$\tau_{xy}$  = tegangan geser bidang yz (Pa)

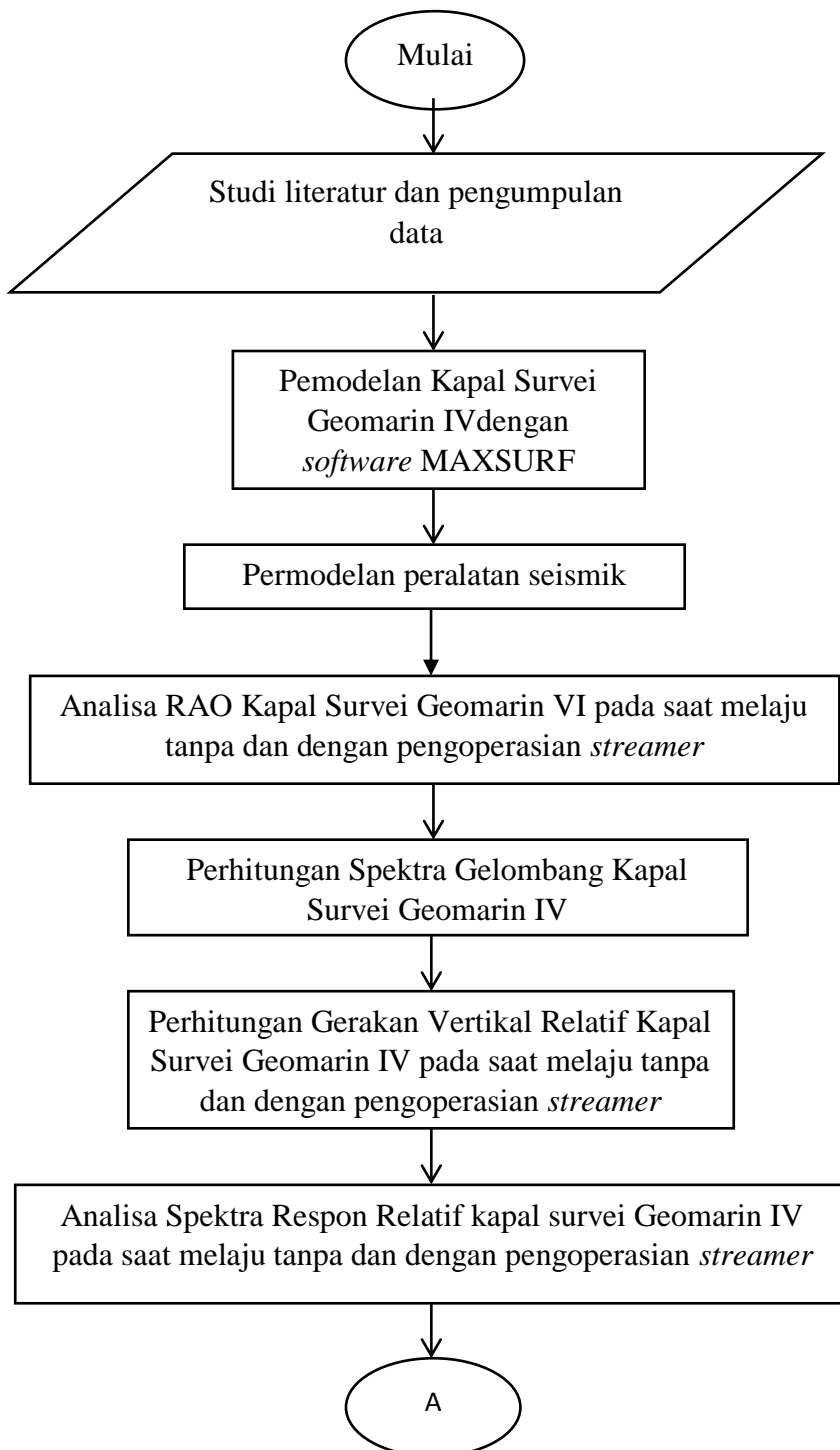
$\tau_{yz}$  = tegangan geser bidang zx (Pa)

$\tau_{zx}$  = tegangan geser bidang xy (Pa)

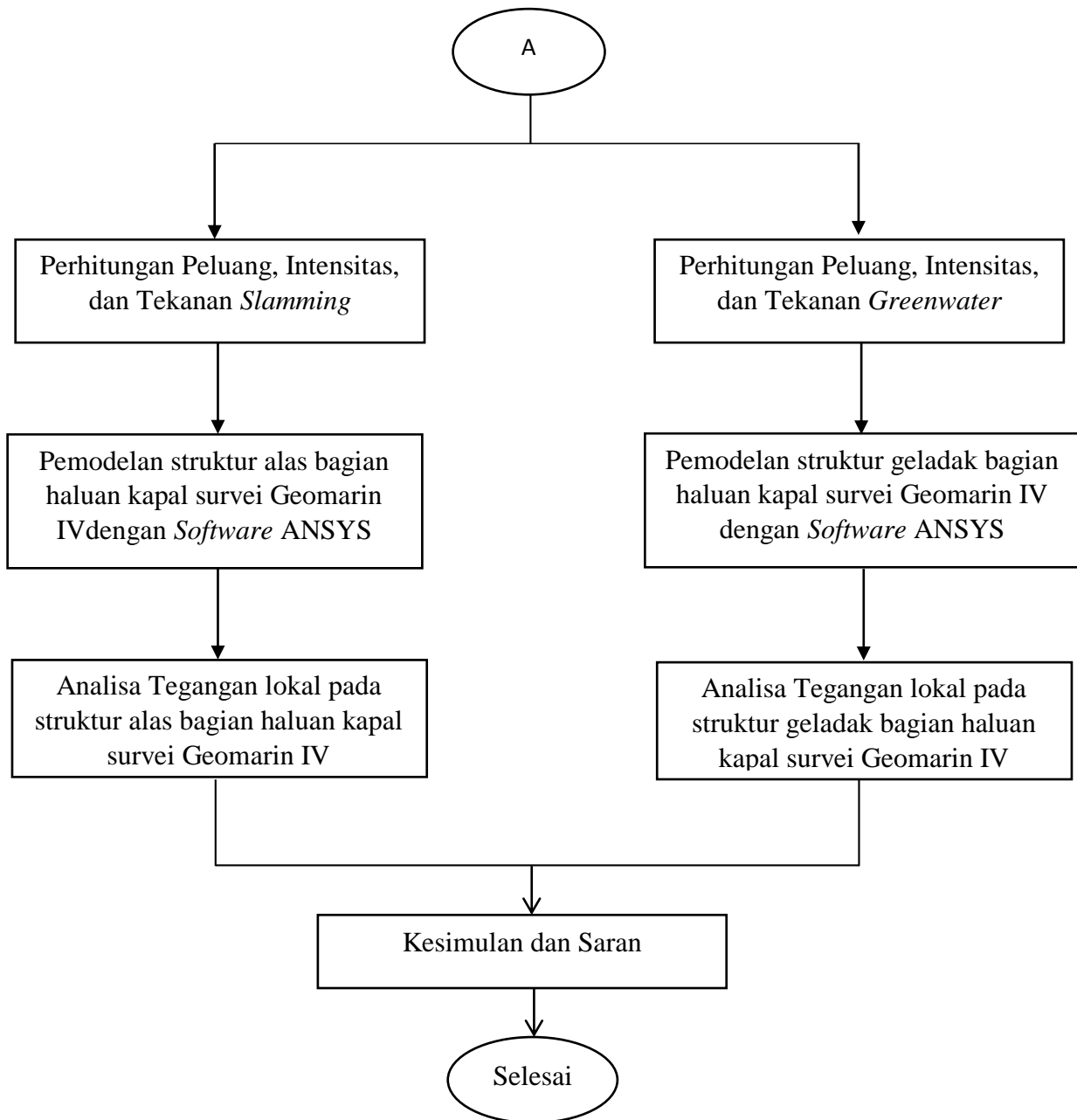
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Diagram Alir



**Gambar 3. 1** Diagram alir pengerjaan tugas akhir



**Gambar 3. 2** Diagram alir pengerjaan tugas akhir  
(lanjutan)



### 3.2. Prosedur Penelitian

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini beberapa tahap pengerjaan. Tahapan-tahapan tersebut merupakan langkah-langkah guna mencapai tujuan dalam Tugas akhir ini. Tahapan-tahapan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan mencari dan mengumpulkan referensi mengenai topik yang serupa dan nantinya akan menjadi acuan untuk mengerjakan tugas akhir yang sedang dikerjakan. Bahan yang menjadi studi literatur adalah jurnal penelitian, *proceeding*, buku panduan dan tugas akhir terdahulu yang sudah dibuat. Dari penelitian terdahulu akan didapatkan berbagai informasi mengenai topik yang kita angkat, bagaimana mengerjakan analisis yang serupa, dasar teori yang dibutuhkan dan data-data terkait.

#### 2. Pengumpulan Data

Untuk mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir ini diperlukan proses pengumpulan data. Data-data yang dibutuhkan dalam tugas akhir ini antara lain adalah :*general arrangement* kapal survei seismik *Geomarin IV*, spesifikasi kabel *streamer* dan data lingkungan laut dengan *seastate* terbesar di Indonesia beserta detail data teknis perancangan yang diperoleh dari PT Citra Mas.

#### 3. Pemodelan Kapal Survei Seismik *Geomarin IV*

Pemodelan awal *Geomarin IV* dilakukan dengan menggunakan *software* MAXSURF terhadap *principal dimension* yang sudah ada berdasarkan data yang dikumpulkan meliputi : panjang keseluruhan, lebar, displasemen, tinggi struktur, sarat air kondisi yang diinginkan, dan lain sebagainya).

#### 4. Pemodelan Peralatan Seismik

Pada tahap ini peralatan seismik yang terdapat pada konfigurasi survei dimodelkan, seperti kabel *streamer*, *air gun* dan *tail buoy*. Kabel *streamer* dimodelkan untuk

kondisi kabel terbentang seluruhnya diatas permukaan laut dengan tail bouy pada ujungnya sebagai pelampung menggunakan *software ORCAFLEX*.

5. Komputasi Gerakan di Atas Gelombang Reguler

Struktur yang sudah di validasi dapat dilanjutkan pada proses selanjutnya yaitu menganalisa gerakan struktur pada kondisi gelombang reguler. Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan RAO gerakan struktur dari arah datang gelombang yang telah ditentukan serta kondisi lainnya yang sudah ditetapkan. Hasil dari analisa ini adalah mendapatkan gerakan struktur di gelombang reguler pada keadaan *freefloat* dan operasi. Pada kondisi operasi gerakan struktur sudah dipengaruhi oleh pengaruh oleh *streamer* yang telah dibentangkan. Hasil dari analisis akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya untuk analisis pada gelombang acak.

6. Perhitungan Gerakan Relatif Kapal

Analisa gerakan relatif vertikal dilakukan dengan melakukan perhitungan gerakan vertikal akibat gerakan *heave* dan *pitch*. Analisa gerakan ini akan mendapatkan RAO dengan titik acuan relatif yang digunakan untuk analisa *greenwater* dan *slamming*.

7. Perhitungan Spektrum Gelombang

Perhitungan spektrum gelombang menggunakan Spektra Gelombang JONSWAP seperti pada persamaan 3.87. Penggunaan spektra JONSWAP disesuaikan dengan daerah operasi dari kapal survei seismik *Geomarin IV* yaitu perairan laut masela. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, Spektra JONSWAP sesuai dengan perairan Indonesia dikarenakan Indonesia merupakan negara kepulauan dan lautan tertutup sesuai dengan syarat penggunaan spektra tersebut.

8. Perhitungan Respon Spektra

Respon spektra dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.89. Spektra respon yang digunakan pada analisa *greenwater* dan *slamming* menggunakan RAO relatif dengan perhitungan gerakan relatif vertikal haluan yang sudah di ketahui pada analisis sebelumnya.

9. Menghitung Peluang *Greenwater* dan *Slamming*

Peluang *slamming* dianalisis dengan menggunakan persamaan 3.91 sedangkan untuk mencari peluang *greenwater* menggunakan persamaan 3.107. Nilai untuk  $m_0$  serta  $m_2$  didapat pada perhitungan spektra respon pada spektra respon realtif.

10. Menghitung Intensitas *Greenwater* dan *Slamming*

Hasil dari perhitungan peluang pada *greenwater* dan *slamming* dapat digunakan untuk melakukan analisis selanjutnya yaitu intensitas *greenwater* dan *slamming* dengan menggunakan persamaan 3.98 dan 3.109

11. Menghitung Tekanan *Greenwater* dan *Slamming*

Untuk menentukan tekanan akibat beban *slamming* dapat dilakukan dengan mempertimbangkan kecepatan relatif vertikal haluan ekstrim  $\hat{V}_{br}$ , yakni dimana  $\rho$  adalah massa jenis air laut,  $k$  koefisien *slamming* ( $= 9.0$  rata – rata). Kecepatan relatif vertikal haluan  $\hat{V}_{br}$  dapat dihitung dengan persamaan 3.100

Sedangkan untuk menghitung besar tekanan yang diterima struktur *deck* akibat *greenwater* dapat dihitung dengan persamaan 3.110 dan 3.111

12. Permodelan Struktur Geladak dan Alas Bagian Haluan

Pemodelan struktur geladak dan alas bagian haluan kapal dilakukan dengan menggunakan *software* ANSYS

13. Analisis Tegangan Lokal pada Struktur Geladak dan Alas Bagian Haluan

Analisa tegangan lokal dilakukan pada daerah pelat struktur geladak dan alas bagian haluan. Analisis ini menggunakan bantuan *software* ANSYS. Selanjutnya model geometri ini diberikan properti material, dimasukan kondisi pembebanannya yakni kondisi pembebanan akibat beban *slamming* dan *greenwater*. Kemudian dilakukan meshing dan running analisis tegangan lokal.

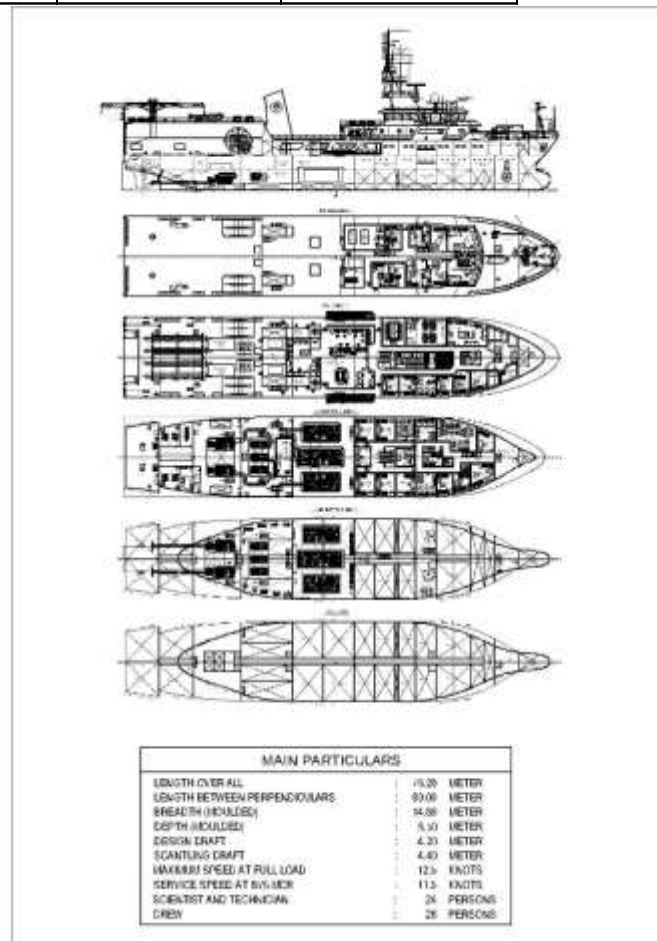
3.3. Pengumpulan Data

a) Data Kapal Survei Seismik Geomarin IV

**Tabel 3. 1** *Principle Dimension Kapal Survei Seismik Geomarin IV*

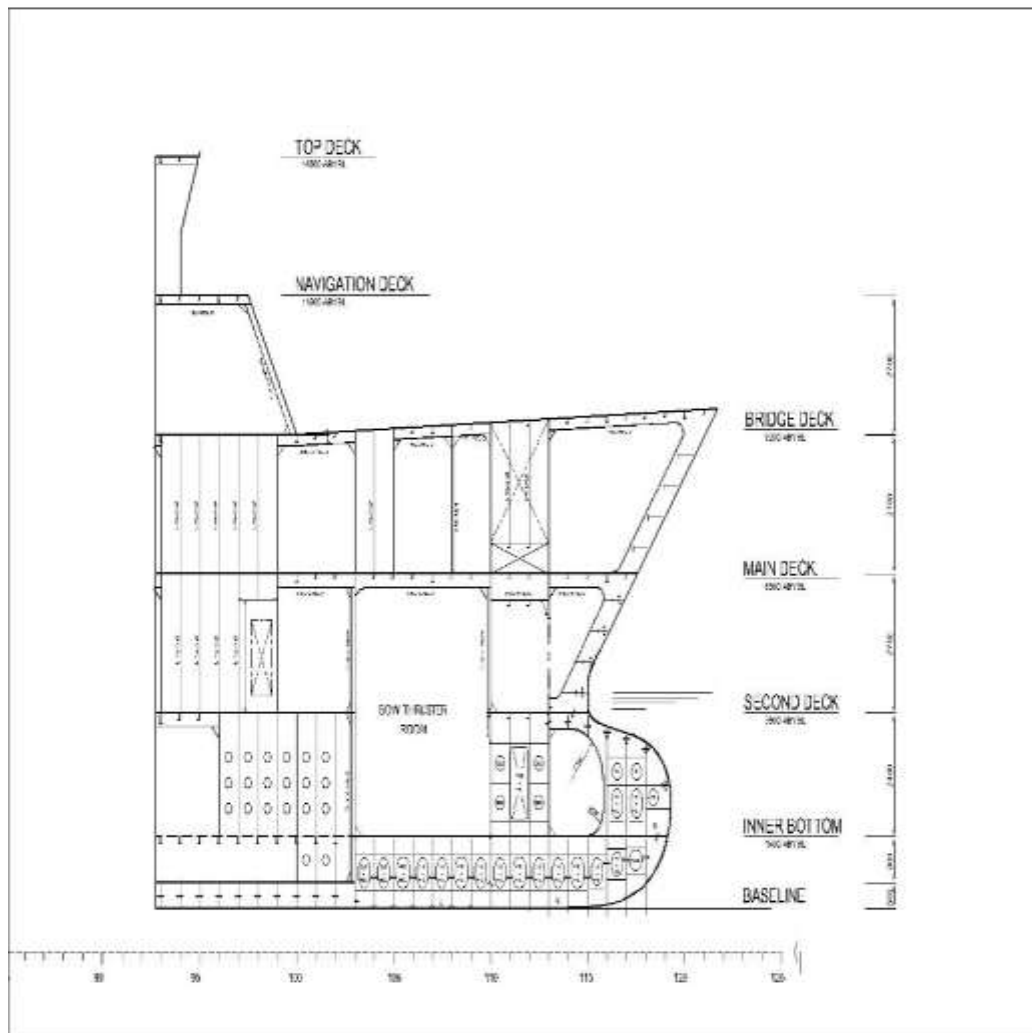
(Sumber: PT. Citra Mas, 2016)

Description	Value	Unit
Length Over All	76.2	m
Length Between Perpendiculars	69	m
Breadth (Moulded)	14.8	m
Depth (Moulded)	6.5	m
Draft	4.2	m

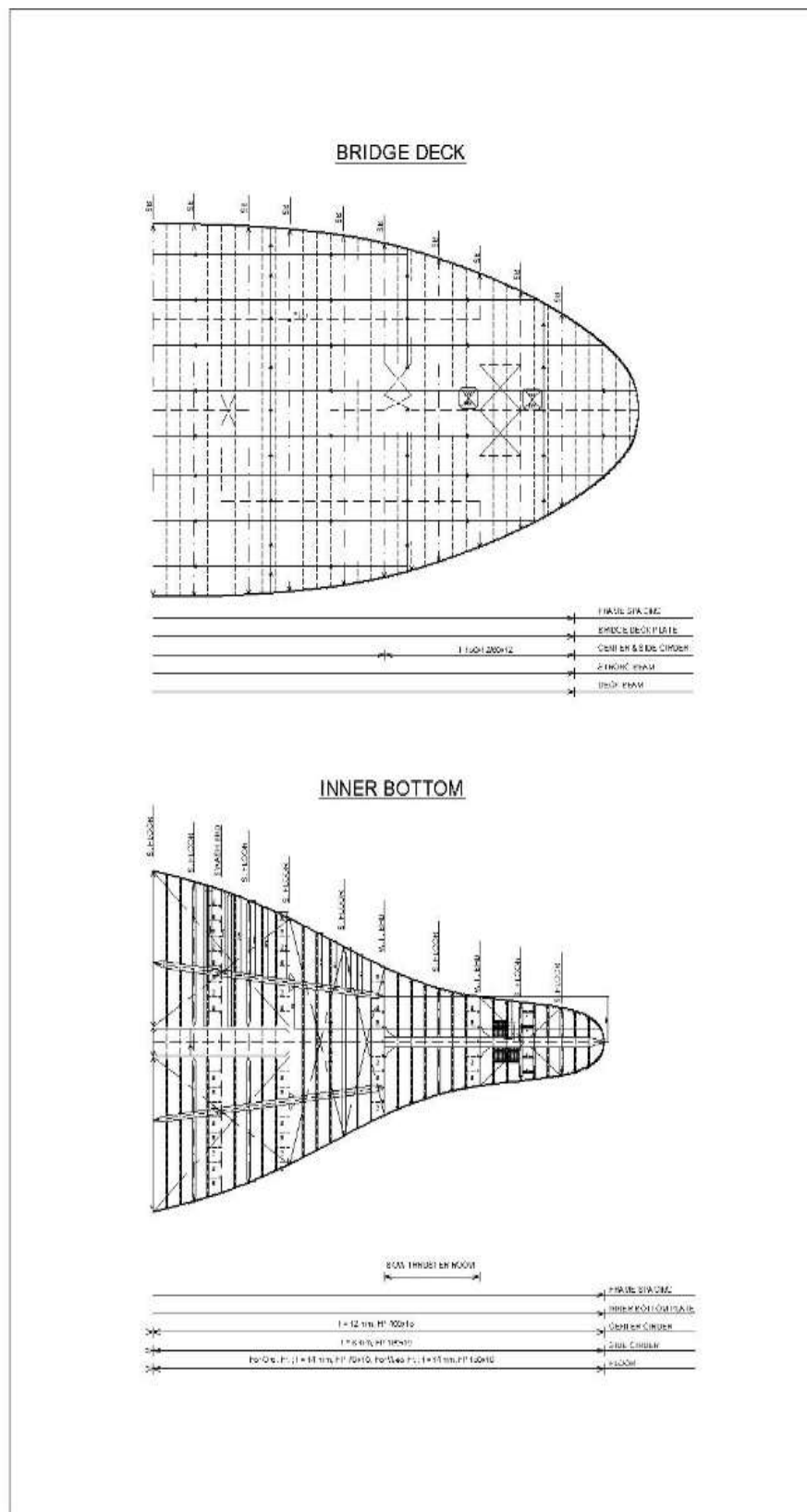


**Gambar 3.3** General Arrangement Kapal Survei Seismik Geomarin IV

(Sumber: PT. Citra Mas, 2016)



**Gambar 3.4** Construction Profile Kapal Survei Seismik Geomarin IV bagian haluan tampak samping (Sumber: PT. Citra Mas, 2016)



**Gambar 3.5** Construction Profile Kapal Survei Seismik Geomar IV bagian haluan tampak atas (Sumber: PT. Citra Mas, 2016)

**Tabel 3. 2** Data *scantling calculation* Kapal Survei Seismik Geomarin IV pada *bottom construction*

No	Item	A (x/L < 0.2)				M (0.2 ≤ x/L < 0.7)				F(0.7 ≤ x/L )			
		Calculation		Selected		Calculation		Selected		Calculation		Selected	
Bottom Construction													
1	Plate Keel : width (b)	1145,0	mm	1500	mm	1145,0	mm	1500	mm	1145,0	mm	1500	mm
	thickness (t)	12,24	mm	13	mm	12,16	mm	13	mm	13,10	mm	14	mm
2	Bottom Plating	10,24	mm	11	mm	10,16	mm	11	mm	11,10	mm	12	mm
3	Inner Bottom Plating	6,88	mm	7	mm	6,88	mm	7	mm	6,88	mm	7	mm
4	Bilge strake : width (b)	1145,00	mm	1200	mm	1145,0	mm	1200	mm	1145,0	mm	1200	mm
	thickness (t)	10,24	mm	11	mm	10,16	mm	11	mm	11,10	mm	12	mm
5	Center Girder (S. Bottom): Thickness of web Face	10,33 -	mm	12 400x15	mm mm	10,33 -	mm	12 400x15	mm mm	10,33 -	mm	12 400x15	mm mm
6	Center Girder (D.Bottom): Thickness	8,10	mm	9	mm	8,10	mm	9	mm	8,10	mm	9	mm
7	Side Girder (S. Bottom): Thickness of web Face	7,76 -	mm	8 190x10	mm mm	7,76 -	mm	8 190x10	mm mm	7,76 -	mm	8 190x10	mm mm
8	Side Girder (D.Bottom): Thickness	7,07	mm	8	mm	7,07	mm	8	mm	7,07	mm	8	mm
9	Plate Floor (S. Bottom) :	13,00	mm	14	mm	13,00	mm	14	mm	13,00	mm	14	mm
10	Plate Floor (D. Bottom) :	6,10	mm	7	mm	6,10	mm	7	mm	6,10	mm	7	mm
11	Watertight Floor	7,38	mm	8	mm	7,01	mm	8	mm	7,42	mm	8	mm
12	Stiff. at Watertight Floor	34,52	cm <sup>3</sup>	35 FB 100x10	cm <sup>3</sup>	34,52	cm <sup>3</sup>	35 FB 100x10	cm <sup>3</sup>	34,52	cm <sup>3</sup>	35 FB 100x10	cm <sup>3</sup>
Superstructure													
1	Bridge Deck												
	- Deck Plating	6,88	mm	7	mm	6,88	mm	7	mm	6,88	mm	7	mm
	- Side Plating	6,65	mm	7	mm	6,65	mm	7	mm	6,65	mm	7	mm
	- Wall forward	-		-		-		-		5,69	mm	6	mm
	- Wall aft	-		-		5,69	mm	6	mm	-		-	
	- Stiffener on Wall	-		-		24,42	cm <sup>3</sup>	29 L 60x50x8	cm <sup>3</sup>	48,84		58 L 90x75x8	cm <sup>3</sup>
	- Frame	106,91	cm <sup>3</sup>	127 L 125x75x10	cm <sup>3</sup>	55,50	cm <sup>3</sup>	58 L 90x60x8	cm <sup>3</sup>	101,96	cm <sup>3</sup>	58 L 90x60x8	cm <sup>3</sup>
	- Web Frame	427,63	cm <sup>3</sup>	433 T 250x10/100x10	cm <sup>3</sup>	222,01	cm <sup>3</sup>	216 T 150x10/100x10	cm <sup>3</sup>	407,83	cm <sup>3</sup>	216 T 150x10/100x10	cm <sup>3</sup>
	- Deck Beam	122,47	cm <sup>3</sup>	144 L 125x75x10	cm <sup>3</sup>	50,79	cm <sup>3</sup>	58 L 90x60x8	cm <sup>3</sup>	51,80	cm <sup>3</sup>	58 L 90x60x8	cm <sup>3</sup>
	- Strong Beam	304,92	cm <sup>3</sup>	343 T 200x10/110x10	cm <sup>3</sup>	119,20	cm <sup>3</sup>	141 T 120x10/80x10	cm <sup>3</sup>	121,55	cm <sup>3</sup>	141 T 120x10/80x10	cm <sup>3</sup>
	- Deck Girder	75,21	cm <sup>3</sup>	81 T 80x12/60x12	cm <sup>3</sup>	361,05	cm <sup>3</sup>	385 T 200x12/100x12	cm <sup>3</sup>	170,15	cm <sup>3</sup>	189 T 150x12/60x12	cm <sup>3</sup>

b) Data Lingkungan Laut Masela

**Tabel 3. 3** Data lingkungan Laut Masela dengan *return period* 10 tahun  
(Sumber: Inpex Masela Report)

DIRECTION (from)	<i>Hs</i> (m)	<i>Tp</i> (s)	<i>Hc</i> (m)	<i>Hmax</i> (m)	<i>THmax</i> <sub>lower</sub> (s)	<i>THmax</i> <sub>mid</sub> (s)	<i>THmax</i> <sub>upper</sub> (s)
1-year							
North	2.0	8.1	2.3	3.7	6.3	7.1	9.0
North-east	1.5	7.8	1.7	2.8	6.0	6.8	8.9
East	1.1	7.4	1.2	2.0	5.7	6.5	8.7
South-east	1.3	7.6	1.5	2.5	5.9	6.7	8.8
South	2.6	8.4	3.0	4.9	6.7	7.4	9.2
South-west	4.0	9.6	4.6	7.6	7.8	8.5	10.2
West	4.4	9.9	5.1	8.3	8.1	8.7	10.4
North-west	4.4	9.9	5.1	8.3	8.1	8.7	10.4
10-years							
North	3.1	8.6	3.6	5.9	6.9	7.6	9.3
North-east	2.4	8.3	2.8	4.5	6.6	7.3	9.1
East	1.7	7.9	1.9	3.2	6.2	7.0	8.9
South-east	2.1	8.1	2.4	3.9	6.4	7.2	9.0
South	4.1	9.7	4.7	7.8	7.9	8.6	10.3
South-west	6.4	11.3	7.4	12.1	9.3	9.9	11.5



## BAB IV

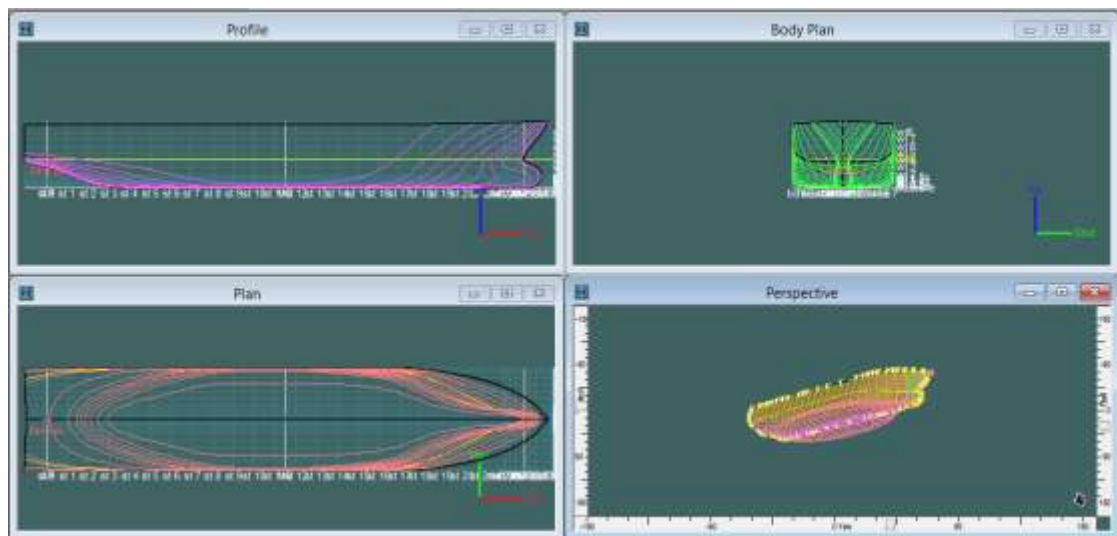
### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pemodelan Struktur

Pemodelan Kapal Survei Seismik Geomarin IV dilakukan dengan menggunakan *software* Maxsurf. Pemodelan dilakukan dengan acuan data *General Arrangement* dan *principal dimension*

##### 4.1.1 Pemodelan Kapal Survei Seismik Geomarin IV

Pemodelan kapal menggunakan *software* Maxsurf dengan acuan Gambar *General Arrangement* (GA) dan *principal dimension*. Selanjutnya hasil dari pemodelan kapal dengan menggunakan *software* Maxsurf Modeler dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4. 1** Pemodelan kapal dengan menggunakan Maxsurf Modeler

#### 4.2. Lines Plan

Setelah validasi dilakukan, selanjutnya tahap yang diperlukan sebelum menuju ke analisis berikutnya yaitu perlu dilakukan perancangan rencana garis atau yang disebut juga *linesplan*. *Offset* struktur kapal yang telah dimodelkan, digunakan untuk membuat



Besaran-besaran hidrostatik yang dibandingkandiantaranya : *displacement, volume displacement, Lwl, beam, draft, Wetted Surface Area, max cross sect area*, Koefisien Bentuk (Cp, Cb, Cm, dan Cwp), dan lain terdapat pada Tabel 4.1 dibawah ini. Perbedaan hasil perhitungan hidrostatik yang diperoleh antara Maxsurf dengan hidrostatik data pada Kapal Geomarin IV diberikan toleransi atau faktor *error* sebesar 2%. Toleransi atau faktor error ini mengacu kepada *acceptance tolerance* pada kriteria IACS (“*Guideline for Scope of Damage Stability Verification on new oil tankers, chemical tankers and gas carriers*. 2010”). Dengan demikian hasil perancangan *lines plan* pada kapal adalah valid untuk dipakai sebagai input dalam menghitung karakteristik gerakan kapal.

**Tabel 4. 1** Koreksi hidrostatik data dengan model Maxsurf kondisi full load

No	Data	Unit	Data Hidrostatik kapal *	Data Hidrostatik Model	Koreksi (%)	Status
1	<i>Displacement</i>	<i>tonne</i>	3164	3132	-1.01	Memenuhi
2	<i>Volume</i>	$m^3$	3086.83	3055.5	-1.01	Memenuhi
3	<i>Draft Amidship</i>	m	4.2	4.2	0.00	Memenuhi
4	<i>Lwl</i>	m	71.8	71.8	0.00	Memenuhi
5	<i>Beam WL</i>	m	14.8	14.8	0.00	Memenuhi
6	<i>Wetted Surface Area</i>	$m^2$	1313.973	1306.554	-0.56	Memenuhi
7	<i>Maximum Cross Section Area</i>	$m^2$	59.199	59.151	-0.08	Memenuhi
8	<i>Waterplane Area</i>	$m^2$	921.92	912.447	-1.03	Memenuhi
9	<i>Cp</i>		0.726	0.714	-1.65	Memenuhi
10	<i>Cb</i>		0.691	0.678	-1.88	Memenuhi
11	<i>Cm</i>		0.954	0.952	-0.21	Memenuhi
12	<i>Cwp</i>		0.868	0.855	-1.50	Memenuhi
13	<i>LCB from AP</i>	m	34.824	35.231	1.17	Memenuhi
14	<i>LCF from AP</i>	m	31.3	31.78	1.53	Memenuhi
15	<i>KB</i>	m	2.32	2.329	0.39	Memenuhi

(\* Sumber: PT. Citra Mas, 2016)

#### 4.4. Response Amplitude Operator (RAO)

Dari hasil permodelan dengan menggunakan *software* Maxsurf ini akan digunakan untuk menghitung analisis gerakan pada gelombang reguler. Adapun variasi yang terdapat pada analisis ini meliputi perbedaan kondisi muatan, kecepatan kapal, sudut datang gelombang dan kondisi survei seismik yaitu kondisi dimana kapal akan menarik kabel *streamer* dan komponen pendukung lainnya yang terdapat dalam konfigurasi kabel *streamer* tersebut.

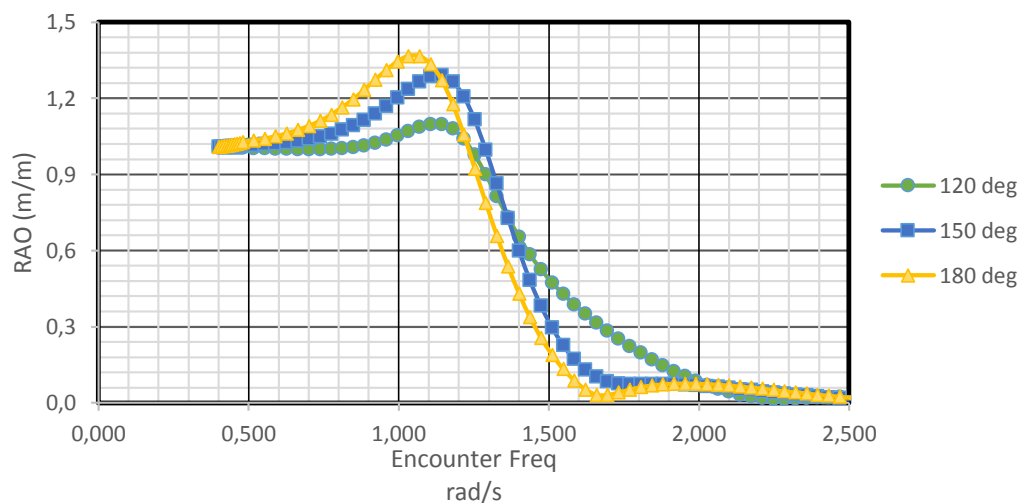
Analisis ini dilakukan dengan *software* Maxsurf motion untuk mendapatkan RAO (*Response Amplitude Operator*) pada 3 kondisi yaitu:

- Kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan kecepatan sebesar 15 knot dan pembebanan *fullload*
- Kondisi pengoperasian *streamer* dengan kecepatan 5 knot dan pembebanan *fullload*
- Kondisi pengoperasian *streamer* dengan kecepatan 5 knot dan pembebanan *lightload*

Untuk arah datang gelombang yang digunakan dalam analisis ini ialah sudut  $120^{\circ}$ ,  $150^{\circ}$ , dan  $180^{\circ}$ . Dari analisis gerakan ini akan didapatkan hasil *Response Amplitude Operator* (RAO) dengan tiga derajat kebebasan yaitu *Heave* dan *Pitch*.

#### 4.4.1. RAO Kapal Survei Seismik Geomarin IV Kondisi Tanpa Penarikan *Streamer*

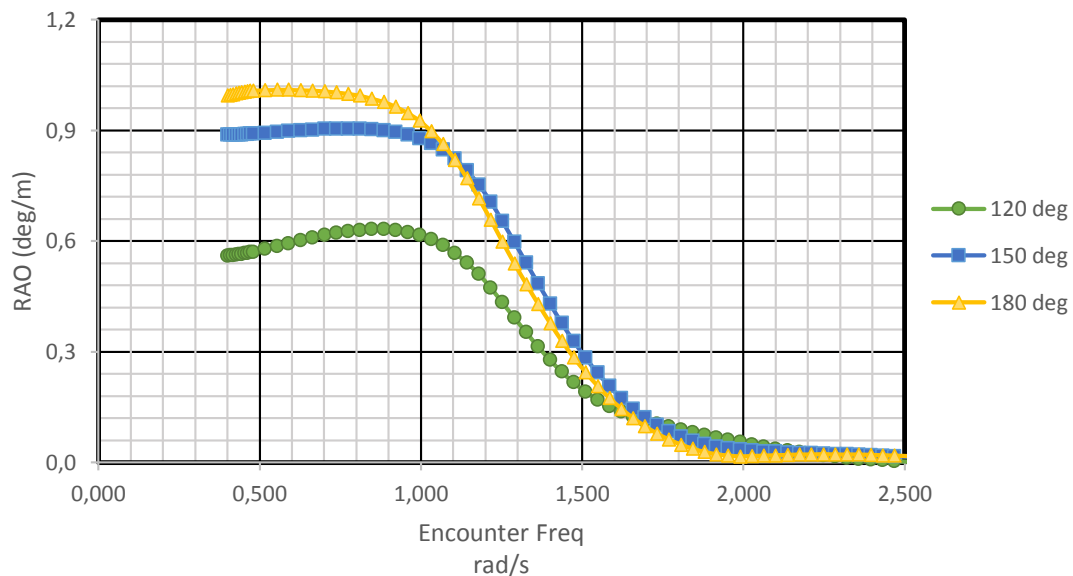
Analisis RAO pada kapal survei seismik Geomarin IV dilakukan pada kondisi *full load* yaitu pada sarat 4,2 m dan Kecepatan 15 knot. Grafik RAO pada kapal hanya ditinjau pada gerakan *heave* dan *pitch*. Arah sudut datang gelombang yang digunakan ialah  $120^{\circ}$ ,  $150^{\circ}$ , dan  $180^{\circ}$ .



**Gambar 4.3** Grafik RAO gerakan *Heave* pada kondisi tanpa penarikan *streamer*

Berdasarkan Gambar 4.3, grafik RAO gerakan *heave* memiliki pola yang hampir sama pada setiap arah gelombang. Pada setiap arah datang gelombang  $120^{\circ}$ ,  $150^{\circ}$ , dan  $180^{\circ}$  mencapai nilai amplitudo maksimum pada frekuensi 1,124 rad/s – 1,143 rad/s,

dengan nilai amplitudo terbesar ialah pada sudut arah datang gelombang  $180^\circ$ , yaitu sebesar 1,366 m/m. Sedangkan untuk sudut arah datang gelombang  $150^\circ$  dan  $120^\circ$  memiliki nilai amplitudo terbesar pada frekuensi 1.143 rad/s dengan besar amplitudo 1.29 m/m dan 1.097 m/m.



**Gambar 4.4** Grafik RAO gerakan *pitch* pada kondisi tanpa penarikan *streamer*

Berdasarkan grafik RAO *pitch* pada Gambar 4.4, dapat diketahui bahwa nilai amplitudo *pitch* pada setiap sudut arah datang gelombang memiliki perbedaan yang tidak terlalu besar pada frekuensi 0,4 rad/s – 1 rad/s. Nilai amplitudo maksimum terdapat pada sudut arah datang gelombang  $180^\circ$  yaitu sebesar 1,01 (deg/m) pada frekuensi 0,67 rad/s.

**Tabel 4.2** Nilai maksimum RAO pada kondisi tanpa penarikan *streamer*

Moda Gerakan	Unit	RAO Maksimum			Nilai Maksimum
		$120^\circ$	$150^\circ$	$180^\circ$	
Heave	m/m	1.097	1.29	1.366	1.37
Pitch	deg/m	0.631	0.904	1.01	1.01

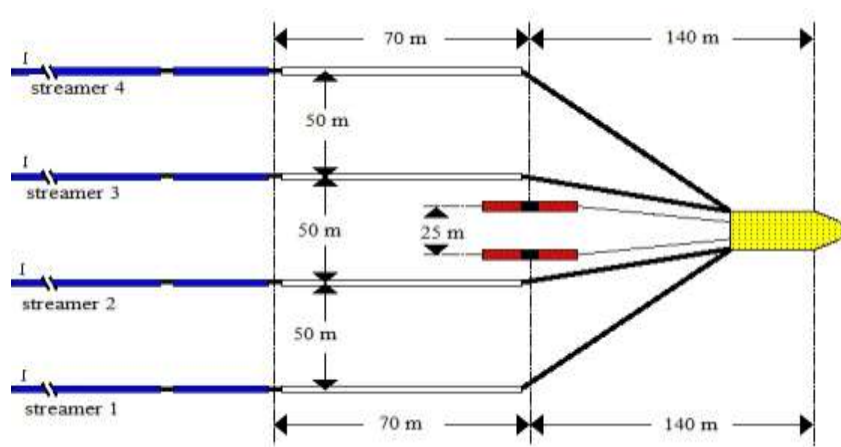
Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa pada gerakan *heave* mencapai nilai maksimum pada sudut arah datang gelombang  $180^\circ$  dengan nilai amplitudo *heave* sebesar

1,366 (m/m), dan untuk gerakan *pitch* mencapai nilai maksimum pada sudut arah datang gelombang  $180^\circ$  dengan nilai amplitude *pitch* sebesar 1,01 (deg/m).

#### 4.4.2. Pemodelan Konfigurasi Peralatan Survei Seismik pada Kapal

Pemodelan peralatan survei seismik dengan menggunakan *software ORCAFLEX* dimulai dengan memodelkan bentuk *hull* kapal survei seismik *Geomarin IV* yaitu dengan cara menentukan koordinat-koordinat titik dari geometri *hull* kapal yang kemudian titik-titik itu dihubungkan dengan garis hingga menjadi *surface* yang utuh. Pada pemodelan ini dilakukan dengan memasukkan data dimensi kapal, data lingkungan, RAO kapal pada kondisi stasioner, *wave drift*, *added inertia mass*, *damping coefficient*.

Pada Gambar 4.5 merupakan tampilan konfigurasi komponen peralatan seismik yaitu *streamer*, *lead in*, *air gun* dan komponen pendukung operasi survei lainnya. Konfigurasi tersebut akan dimodelkan pada kapal menggunakan *software ORCAFLEX*.



**Gambar 4.5** sketsa konfigurasi peralatan survei seismik

Pemodelan kabel setreamer dan *lead in* direncanakan menggunakan kabel dengan data sesuai pada Tabel 4.3. Data tersebut merupakan data spesifikasi dari *streamer* dan *lead in* meliputi ukuran diameter, ketebalan, tipe bahan, berat per satuan panjang dan panjang per – segmen. Spesifikasi pada Tabel 4.3 kemudian akan digunakan untuk menjadi *input* untuk memodelkan *streamer* dan *lead in* pada konfigurasi *streamer* dan peralatan seismik lainnya pada *software ORCAFLEX*.

**Tabel 4.3** Data kabel lead in dan streamer (sumber: Sercel & DigiStreamer. 2015)

Physical Characteristics	Lead in	Streamer	unit
Diameter	60	50	mm
Thickness	3,5	3	mm
Type	polyurethane	polyurethane	
Weight	0,0039	0,0026	ton/m
Length per section	2,76	55	m

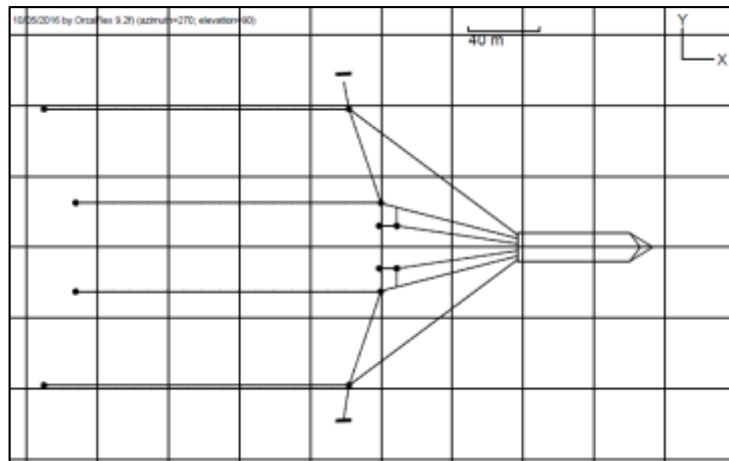
Lead in merupakan kabel yang berfungsi sebagai penghubung antara kapal dengan streamer. Dibagian sayap kiri dan kanan kapal terdapat diverter yaitu perangkat keras semacam pelampung yang berfungsi untuk menjaga jarak antar kabel streamer agar tetap pada posisi yang diinginkan sepanjang jalur survei kapal.

Pemodelan air gun digunakan spesifikasi G Gun II 520 dengan spesifikasi seperti yang terdapat pada Tabel 4.4.

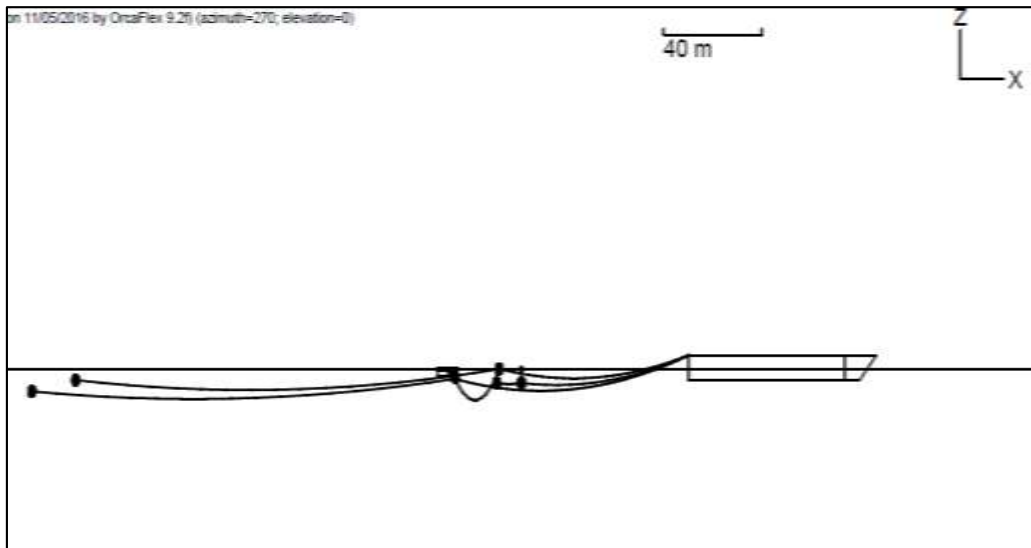
**Tabel 4.4** Spesifikasi *air gun G.Gun II 520* (sumber: Sercel & DigiStreamer. 2015)

spesification	unit	G. Gun II 520
avaliabile volume	in <sup>3</sup>	520
length	mm	640
width	mm	292
weight	kg	90

*Air gun* merupakan komponen pendukung operasi survei yang berfungsi sebagai pemancar gelombang seismik yang ditembakkan ke dasar laut. Pada konfigurasi survei seismik yang terdapat pada Gambar 4.5, kapal survei seismik *Geomarin IV* memiliki satu pasang *air gun*. Antara kapal dan *air gun* dihubungkan oleh kabel *lead in* dan jarak antara *air gun* ialah 25 m seperti yang terlihat pada Gambar 4.5

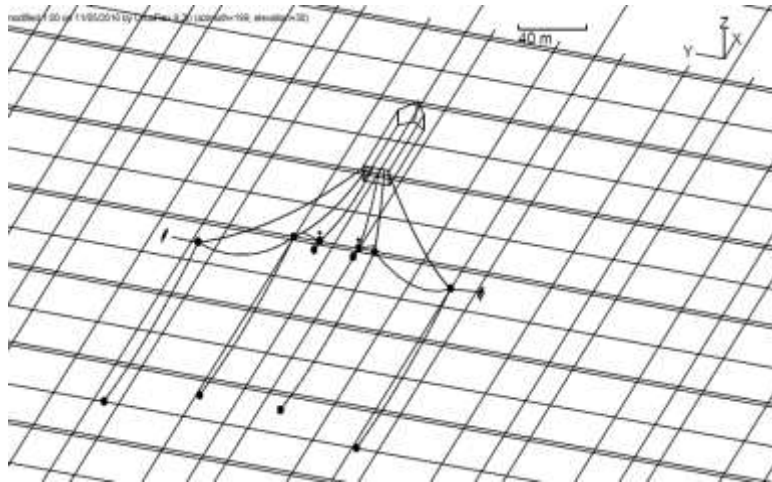


**Gambar 4.6** Gambar tampak atas pemodelan perangkat survey seismik beserta kapal



**Gambar 4.7** Gambar tampak samping pemodelan perangkat survey seismik beserta kapal





**Gambar 4.8** Gambar Tampak 3D pemodelan perangkat survey seismik beserta kapal

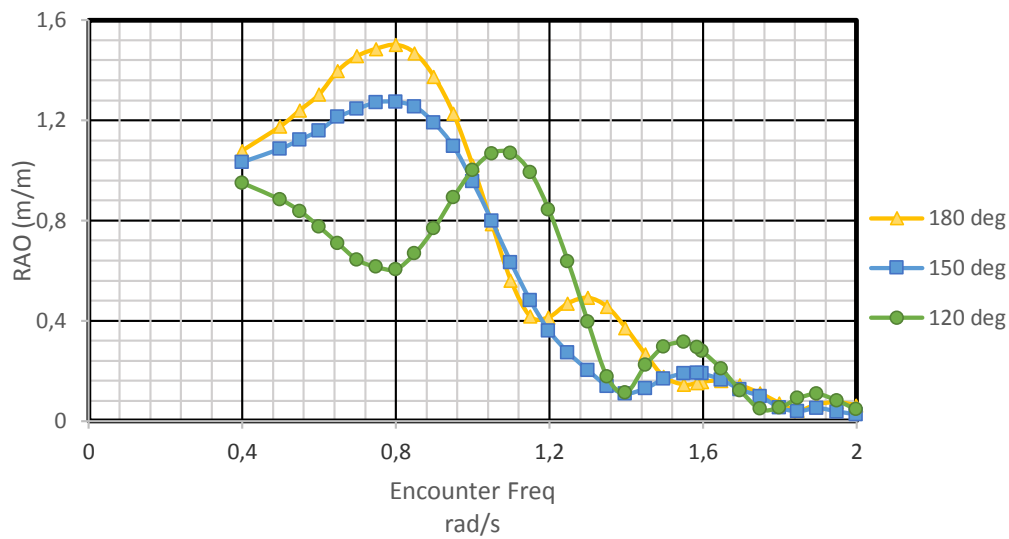
Pada Gambar 4.6 – 4.8 merupakan hasil pemodelan kapal pada kondisi survei seismik. Pada konfigurasi kondisi survei tersebut terdapat 4 bentangan *streamer* dan 2 *air gun*. Berdasarkan hasil pemodelan ini kemudian akan dilakukan analisis gerakan kapal pada kecepatan 5 knot serta pada pembebanan *full load* dan *light load*.

#### **4.5. Analisis Gerakan Kapal Kondisi Operasi Survei Seismik**

Setelah dilakukan pemodelan peralatan seismik, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis perilaku gerakan kapal pada kondisi survei seismik dengan kecepatan 5 knot dan peralatan seismik yang dibentangkan. Dalam analisis perilaku gerakan kapal pada kondisi survei seismik ini akan dilakukan pada dua kondisi pembebanan yaitu *full load* dan *light load*.

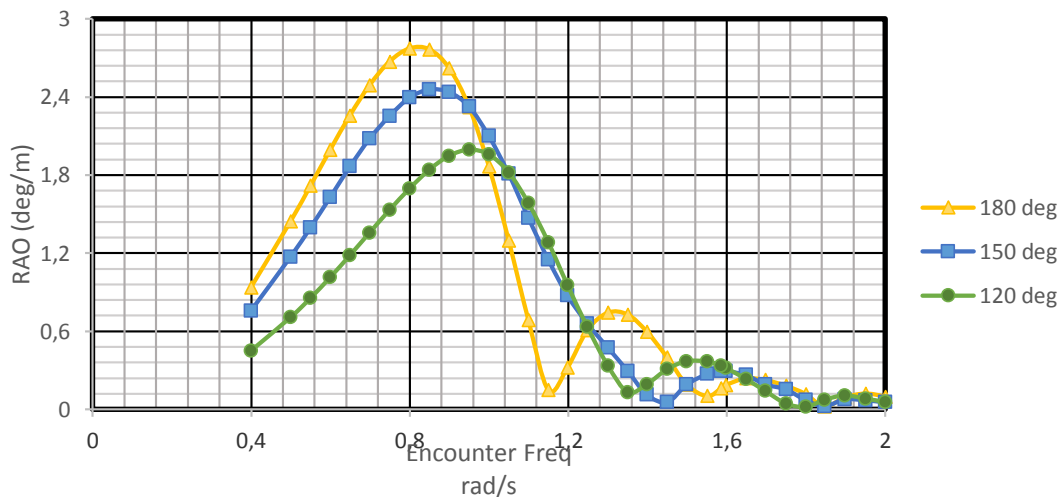
##### **4.5.1. RAO pada Operasi Survei Seismik pada Kondisi Full load**

Pada kondisi ini analisis RAO kapal survei seismik Geomarin IV dilakukan pada kondisi *full load* yaitu pada sarat 4,2 m dan kecepatan 5 knot. Grafik RAO pada kapal hanya ditinjau pada gerakan *heave* dan *pitch*. Arah sudut datang gelombang yang digunakan ialah  $120^0$ ,  $150^0$ , dan  $180^0$ .



**Gambar 4.9** Grafik RAO gerakan *Heave* pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *full load*

Berdasarkan Gambar 4.9, Pada setiap arah datang gelombang  $120^\circ$ ,  $150^\circ$ , dan  $180^\circ$  mencapai nilai amplitudo maksimum pada frekuensi  $0,8 \text{ rad/s} - 1,1 \text{ rad/s}$ , dengan nilai amplitudo terbesar ialah pada sudut arah datang gelombang  $180^\circ$ , yaitu sebesar  $1,501 \text{ (m/m)}$ . Sedangkan untuk sudut arah datang gelombang  $150^\circ$  dan  $120^\circ$  memiliki nilai amplitudo terbesar sebesar  $1,274 \text{ (m/m)}$  dan  $1,071 \text{ (m/m)}$ .



**Gambar 4.10** Grafik RAO gerakan *pitch* pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *full load*

Berdasarkan grafik RAO *pitch* pada Gambar 4.10, dapat diketahui bahwa nilai amplitudo maksimum terdapat pada sudut arah datang gelombang  $180^\circ$  yaitu sebesar 2,773 (deg/m) pada frekuensi 0,8 rad/s. Sedangkan untuk sudut arah datang gelombang  $150^\circ$  dan  $120^\circ$  memiliki nilai amplitudo terbesar sebesar 2,457 (deg/m) pada frekuensi 0,85 rad/s dan 1,993 (deg/m) pada frekuensi 0,95 rad/s.

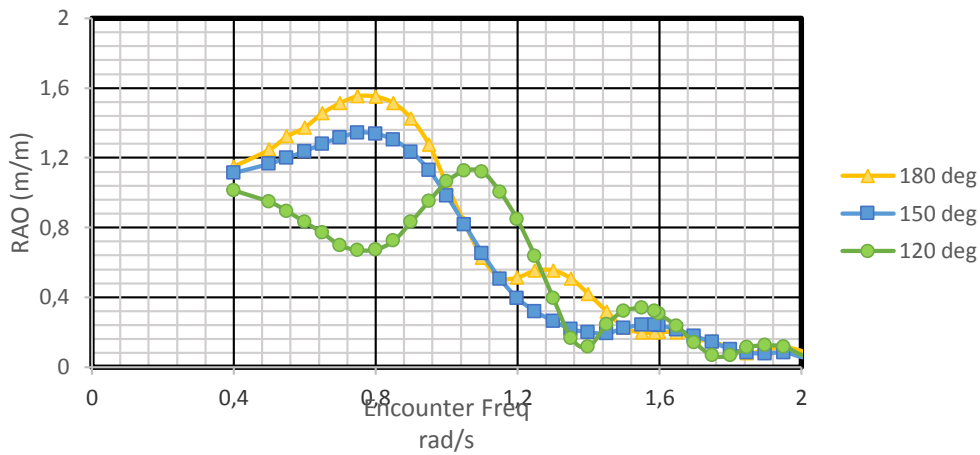
**Tabel 4.5** Nilai maksimum RAO pada kondisi penarikan *streamer* dengan pembeban *full load*

Moda Gerakan	Unit	RAO Maksimum			Nilai Maksimum
		$120^\circ$	$150^\circ$	$180^\circ$	
Heave	m/m	1.501	1.275	1.070	1.50
Pitch	deg/m	2.773	2.458	1.993	2.77

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa pada gerakan *heave* mencapai nilai maksimum pada sudut arah datang gelombang  $180^\circ$  dengan nilai amplitudo *heave* sebesar 1,501 (m/m), dan untuk gerakan *pitch* mencapai nilai maksimum pada sudut arah datang gelombang  $180^\circ$  dengan nilai amplitudo *pitch* sebesar 2,773 (deg/m).

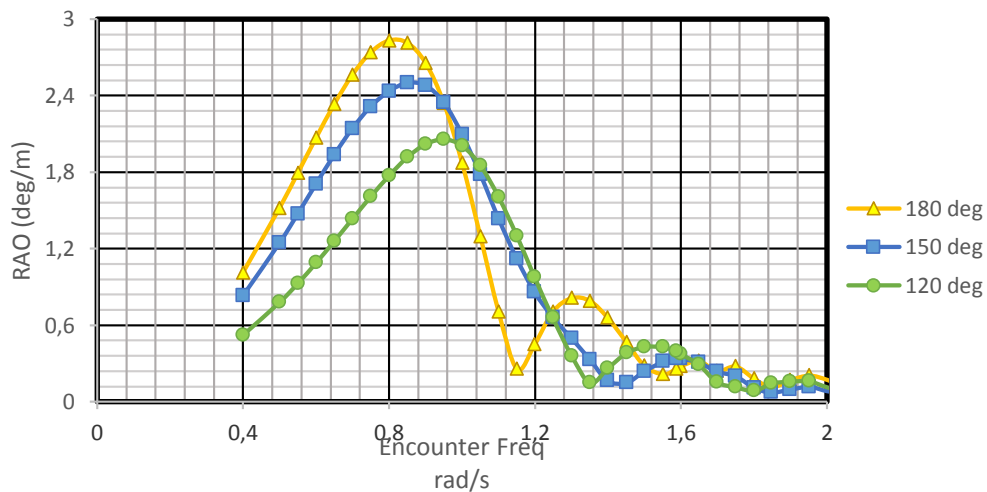
#### 4.5.2. RAO pada Operasi Survei Seismik pada Kondisi *Lightload*

Pada kondisi ini analisis RAO kapal survei seismik Geomarin IV dilakukan pada kondisi *light load* yaitu pada sarat 2.85 m dan kecepatan 5 knot. Grafik RAO pada kapal hanya ditinjau pada gerakan *heave* dan *pitch*. Arah sudut datang gelombang yang digunakan ialah  $120^\circ$ ,  $150^\circ$ , dan  $180^\circ$ .



**Gambar 4.11** Grafik RAO gerakan *Heave* pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *light load*

Berdasarkan Gambar 4.11, Pada setiap arah datang gelombang  $120^\circ$ ,  $150^\circ$ , dan  $180^\circ$  mencapai nilai amplitudo maksimum pada frekuensi  $0,75 \text{ rad/s}$  –  $1,05 \text{ rad/s}$ , dengan nilai amplitudo terbesar ialah pada sudut arah datang gelombang  $180^\circ$ , yaitu sebesar  $1,554 \text{ (m/m)}$ . Sedangkan untuk sudut arah datang gelombang  $150^\circ$  dan  $120^\circ$  memiliki nilai amplitudo terbesar sebesar  $1,344 \text{ (m/m)}$  dan  $1,126 \text{ (m/m)}$ .



**Gambar 4.12** Grafik RAO gerakan *pitch* pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *light load*

Berdasarkan grafik RAO *pitch* pada Gambar 4.12, dapat diketahui bahwa nilai amplitudo maksimum terdapat pada sudut arah datang gelombang  $180^\circ$  yaitu sebesar  $2,832 \text{ (deg/m)}$  pada frekuensi  $0,75 \text{ rad/s}$ . Sedangkan untuk sudut arah datang gelombang

150° dan 120° memiliki nilai amplitudo terbesar sebesar 2,498 (deg/m) pada frekuensi 0,85 rad/s dan 2,058 (deg/m) pada frekuensi 0,95 rad/s.

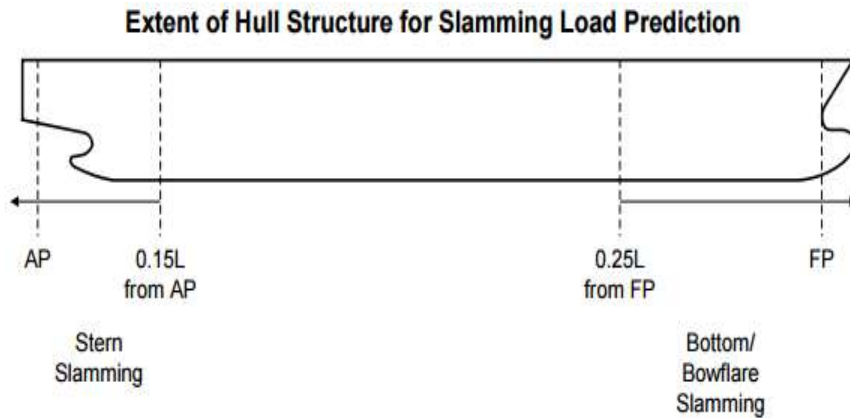
**Tabel 4.6** Nilai maksimum RAO pada kondisi penarikan *streamer* dengan pembeban *light load*

Moda Gerakan	Unit	RAO Maksimum			Nilai Maksimum
		120°	150°	180°	
Heave	m/m	1.126	1.344	1.554	1.554
Pitch	deg/m	2.058	2.498	2.832	2.832

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa pada gerakan *heave* mencapai nilai maksimum pada sudut arah datang gelombang 180° dengan nilai amplitudo *heave* sebesar 1,554 (m/m), dan untuk gerakan *pitch* mencapai nilai maksimum pada sudut arah datang gelombang 180° dengan nilai amplitudo *pitch* sebesar 2,832 (deg/m).

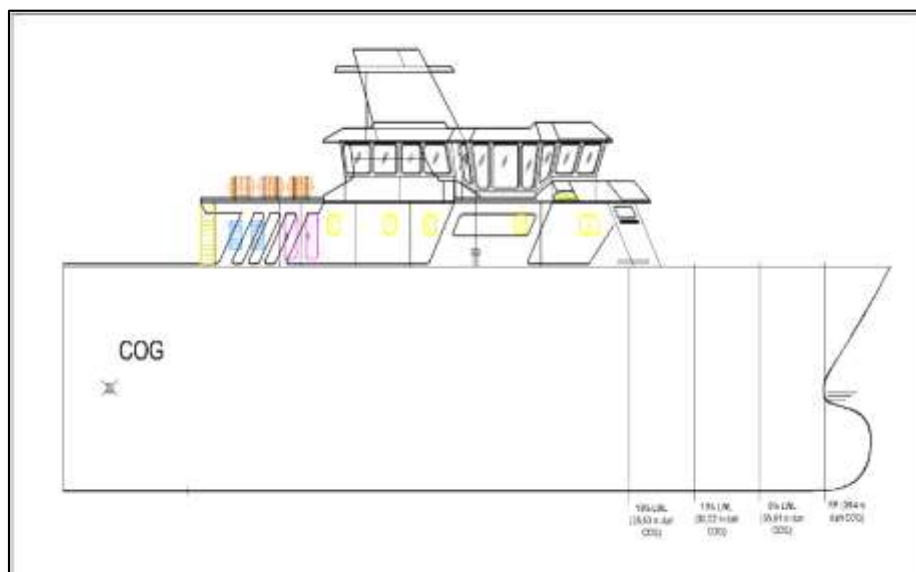
#### 4.6. Gerakan Relatif Vertikal Haluan

Setelah didapatkan RAO *heave* dan *pitch* pada masing – masing kondisi maka selanjutnya akan dilakukan analisis untuk mengetahui gerakan relatif vertikal haluan kapal survei seismik Geomarin IV pada 3 kondisi yang sama yang digunakan pada analisis sebelumnya sehingga akan didapatkan RAO gerakan relatif vertikal haluan pada kondisi – kondisi tersebut. Untuk melakukan analisis ini diperlukan titik tinjau pada daerah haluan. RAO gerakan relatif vertikal haluan yang didapatkan merupakan RAO gerakan relatif vertikal haluan pada titik tinjau haluan yang digunakan. Berdasarkan kriteria ABS (“*Slamming Loads and Strength Assessment for Vessels*”) daerah terjadinya *slamming* dan *greenwater* dapat diperhitungkan dari FP hingga 0,25 dari panjang *lwl* kearah belakang



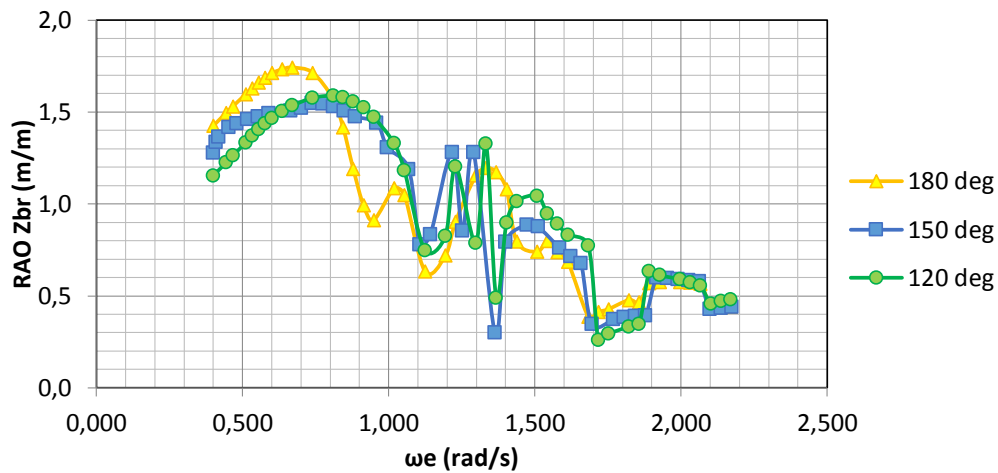
**Gambar 4.13** Area prediksi terjadinya *slamming* (sumber: ABS “*Guide for Slamming Loads and Strength Assessment for Vessels*”. 2011)

Berdasarkan kriteria tersebut maka akan digunakan 4 titik tinjau dimana titik tinjau tersebut masih berada pada daerah prediksi terjadinya *slamming* dan greenwater berdasarkan kriteria ABS. Titik tinjau yang digunakan ialah pada titik FP (39,4 m dari COG), 5% dari LWL yang dihitung dari FP (35,81 m dari COG) dari, 10% dari panjang LWL yang dihitung dari FP (32,22 m dari COG) dan 15% dari panjang LWL yang dihitung dari FP (28,63 m dari COG). Titik tinjau tersebut kemudian akan dijadikan acuan untuk mencari gerakan relatif vertikal haluan. Setelah didapatkan gerak relatif vertikal haluan maka hasil tersebut akan digunakan untuk komputasi selanjutnya yaitu untuk memprediksi peluang, intensitas serta tekanan *slamming* dan *greenwater*.

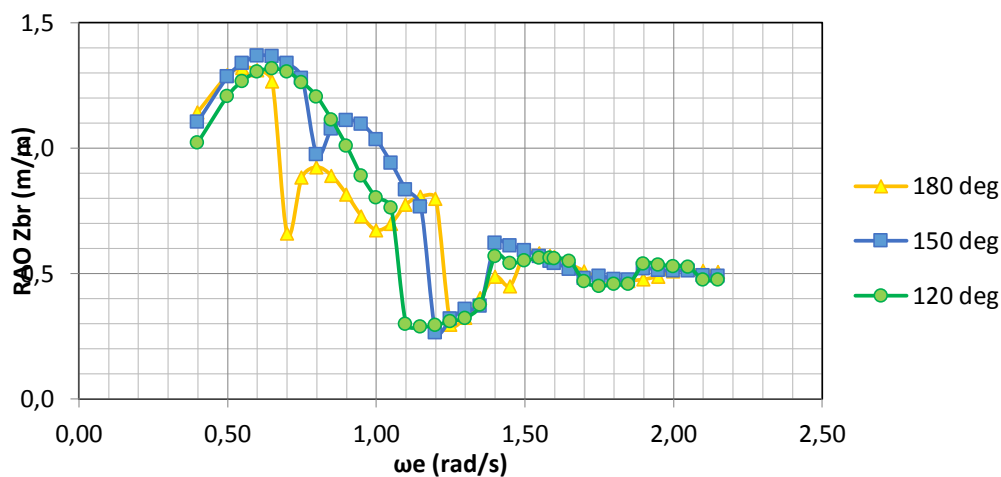


**Gambar 4.14** Ilustrasi titik tinjau pada daerah haluan kapal

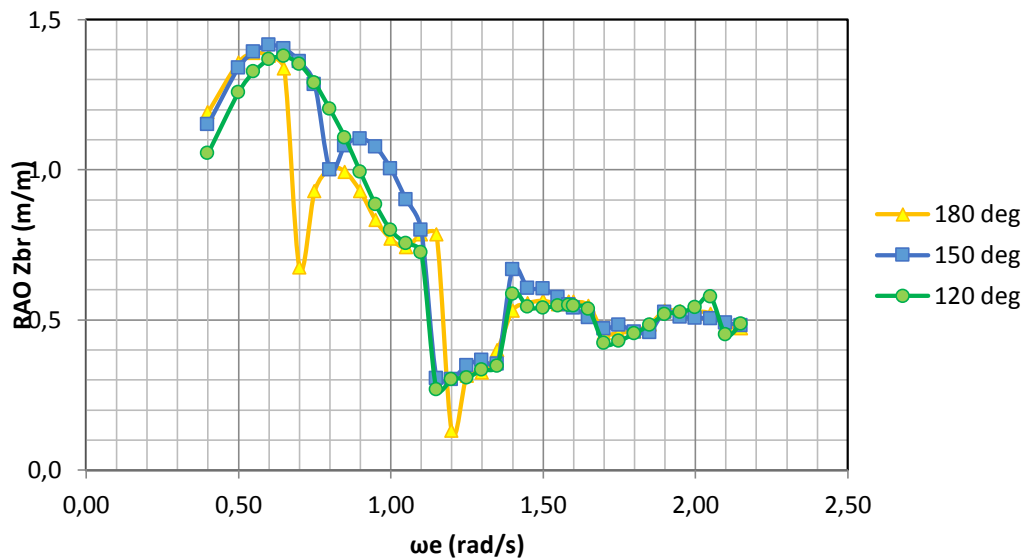
Dengan mengacu pada titik tinjau tersebut maka akan didapatkan RAO gerak relatif vertikal haluan berdasarkan masing – masing titik tinjau, namun dalam pembahasan ini RAO gerak relatif vertikal haluan yang dibahas hanya RAO gerak relatif vertikal haluan pada titik tinjau pada titik FP (39.4 m dari COG) saja. Hal ini dikarenakan setelah dilakukan perhitungan, RAO gerak relatif vertikal dengan amplitude terbesar terjadi pada titik tinjau FP (39.4 m dari COG). Sehingga pada perhitungan selanjutnya hasil yang akan dibahas hanya pada titik tinjau FP (39.4 m dari COG). Berikut ini adalah grafik RAO gerak relative vertikal haluan pada setiap kondisi yang telah ditentukan.



**Gambar 4.15** Grafik RAO gerak vertikal relatif haluan pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer*



**Gambar 4.16** Grafik RAO gerak vertikal relatif haluan pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *full load*



**Gambar 4.17** Grafik RAO gerak vertikal relatif haluan pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *full load*

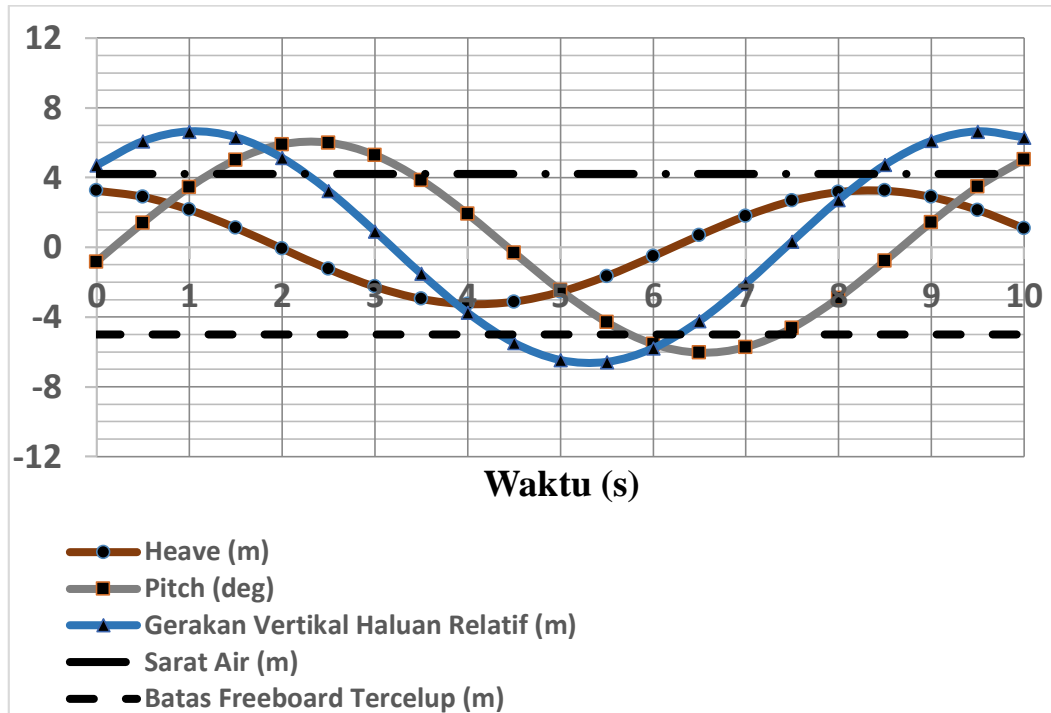
Berdasarkan grafik RAO gerak vertikal relatif haluan pada Gambar 4.15 – 4.17, diketahui bahwa nilai amplitudo maksimum pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* terdapat pada sudut arah datang gelombang 180° yaitu sebesar 1,742 (m/m) pada frekuensi 0,67 rad/s. Pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *full load*, nilai amplitudo maksimum terdapat pada sudut arah datang gelombang 150° yaitu sebesar 1,368 (m/m) pada frekuensi 0,60 rad/s. Dan pada Pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *light load*, nilai amplitudo maksimum terdapat pada sudut arah datang gelombang 150° yaitu sebesar 1,415 (m/m) pada frekuensi 0,60 rad/s.

#### 4.7. Simulasi Gerakan Kapal pada Gelombang Reguler

Untuk memprediksi terjadinya *slamming* dan *greenwater* maka perlu dilakukan analisis gerakan kapal pada gelombang regular dengan satuan waktu. Elevasi pada analisa dibawah ini merupakan elevasi gerakan vertikal relative haluan pada 3 kondisi yang sama seperti pada analisis respon gerak kapal yaitu kondisi tanpa pengoperasian *streamer*, kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *fullload* dan kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *lightload*. Berdasarkan grafik elevasi gerakan vertikal relatif haluan maka waktu terjadinya *slamming* dan *greenwater* akan dapat diprediksi. Ketika elevasi gerakan vertikal relatif haluan lebih tinggi dibandingkan dengan sarat air maka pada saat itu diprediksikan *slamming* akan terjadi dan ketika elevasi gerakan

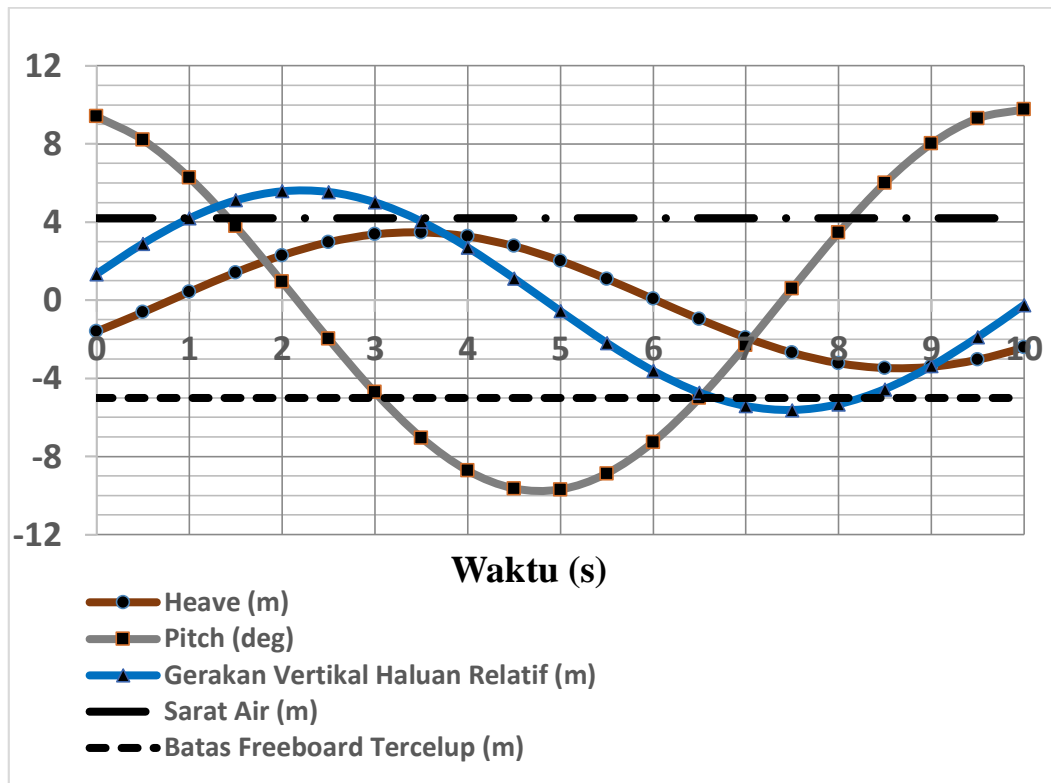


vertikal relatif haluan lebih rendah dibandingkan *freeboard* maka pada saat itu diprediksikan *greenwater* akan terjadi. Hasil dari grafik elevasi untuk kondisi tersebut ditampilkan pada Gambar 4.18 hingga Gambar 4.20.



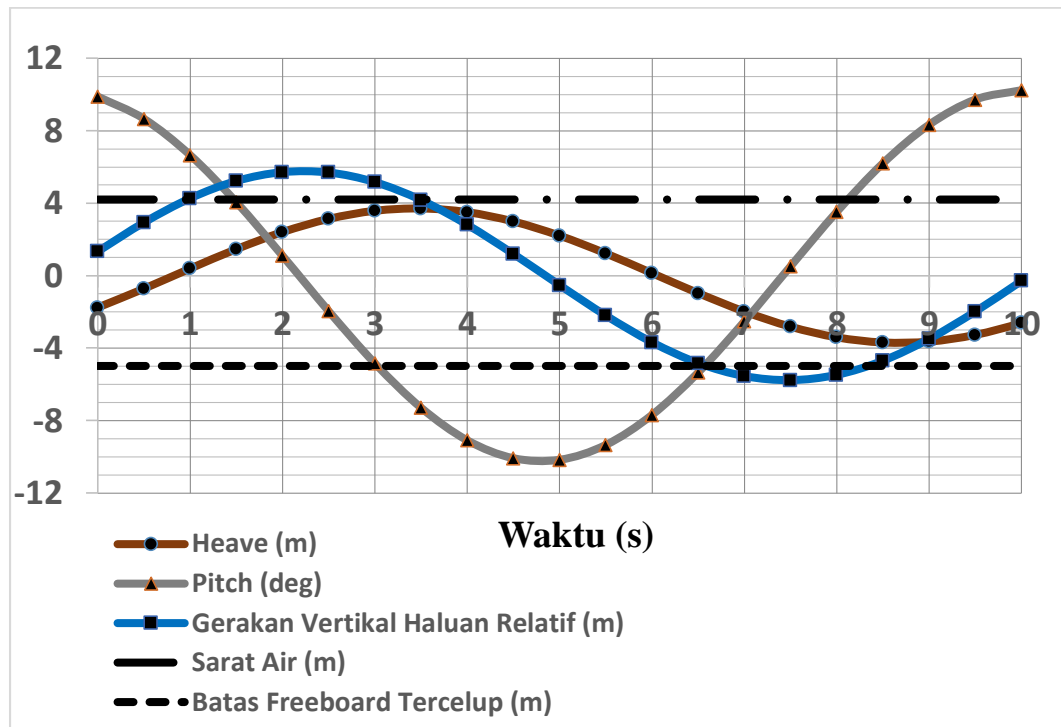
**Gambar 4.18** Grafik elevasi gerakan vertikal relatif haluan pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer*

Berdasarkan grafik elevasi pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer*, *slamming* diprediksikan akan terjadi pada detik ke 0.0 – 2.36 dan 8.36 - 10 dengan elevasi gerakan vertikal relatif haluan tertinggi sebesar 6.66 meter dan *greenwater* diprediksikan akan terjadi pada detik ke 4.3 – 6 dengan elevasi gerakan vertikal relatif haluan terendah sebesar - 6.57 meter. Hasil dari grafik elevasi ini kemudian akan digunakan untuk menjadi acuan dalam simulasi gerakan kapal pada gelombang regular pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* yaitu pada kecepatan 15 knot dan pembebanan *full load*.



**Gambar 4.19** Grafik elevasi gerakan vertikal relatif haluan pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *fullload*

Berdasarkan grafik elevasi pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer*, *slamming* diprediksikan akan terjadi pada detik ke 1 – 3,5 dengan elevasi gerakan vertikal relatif haluan tertinggi sebesar 5.58 meter dan *greenwater* diprediksikan akan terjadi pada detik ke 6.6 – 8.4 dengan elevasi gerakan vertikal relatif haluan terendah sebesar -5.62 meter. Hasil dari grafik elevasi ini kemudian akan digunakan untuk menjadi acuan dalam simulasi gerakan kapal pada gelombang regular pada kondisi pengoperasian *streamer* yaitu pada kecepatan 5 knot dan pembebanan *full load*.

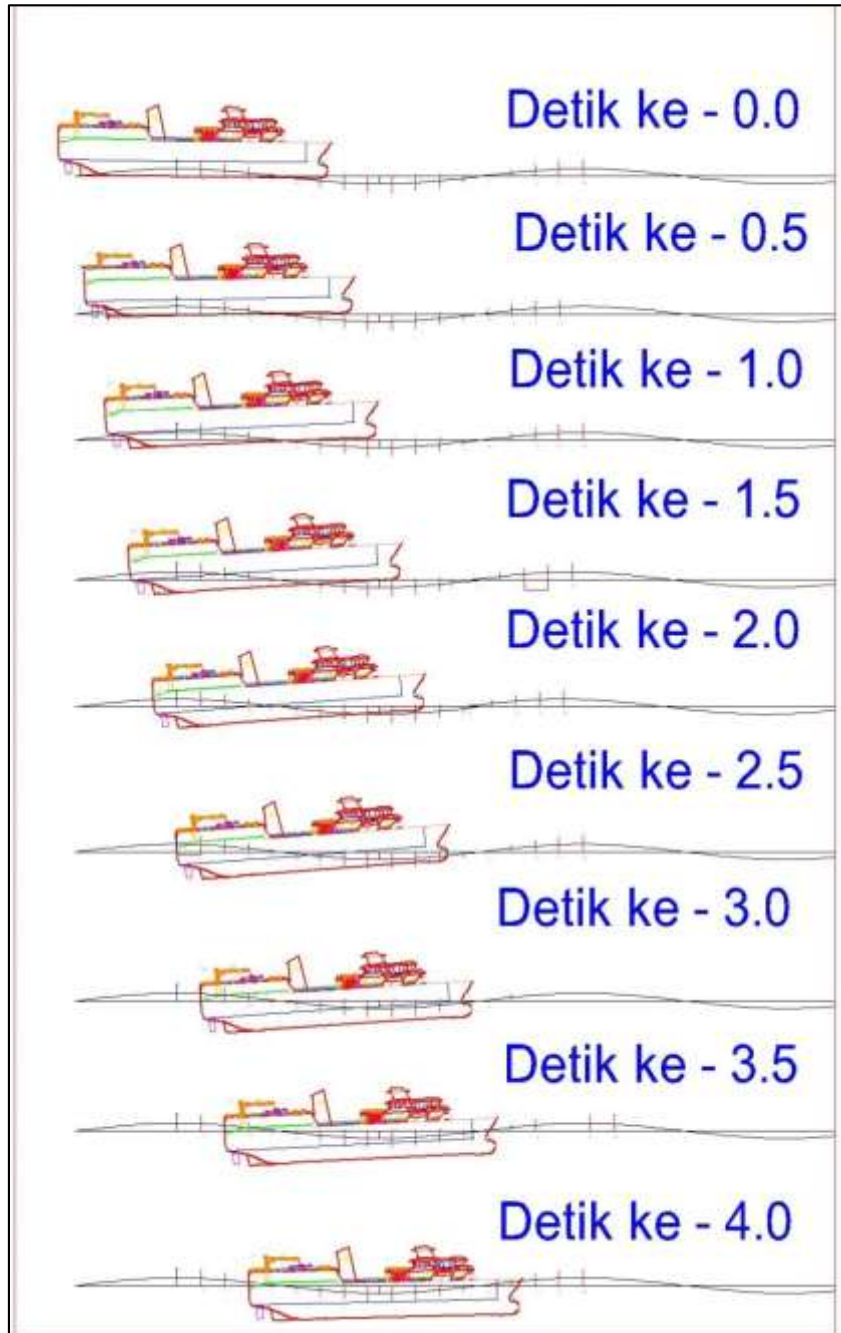


**Gambar 4.20** Grafik elevasi gerakan vertikal relatif haluan pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *lightload*

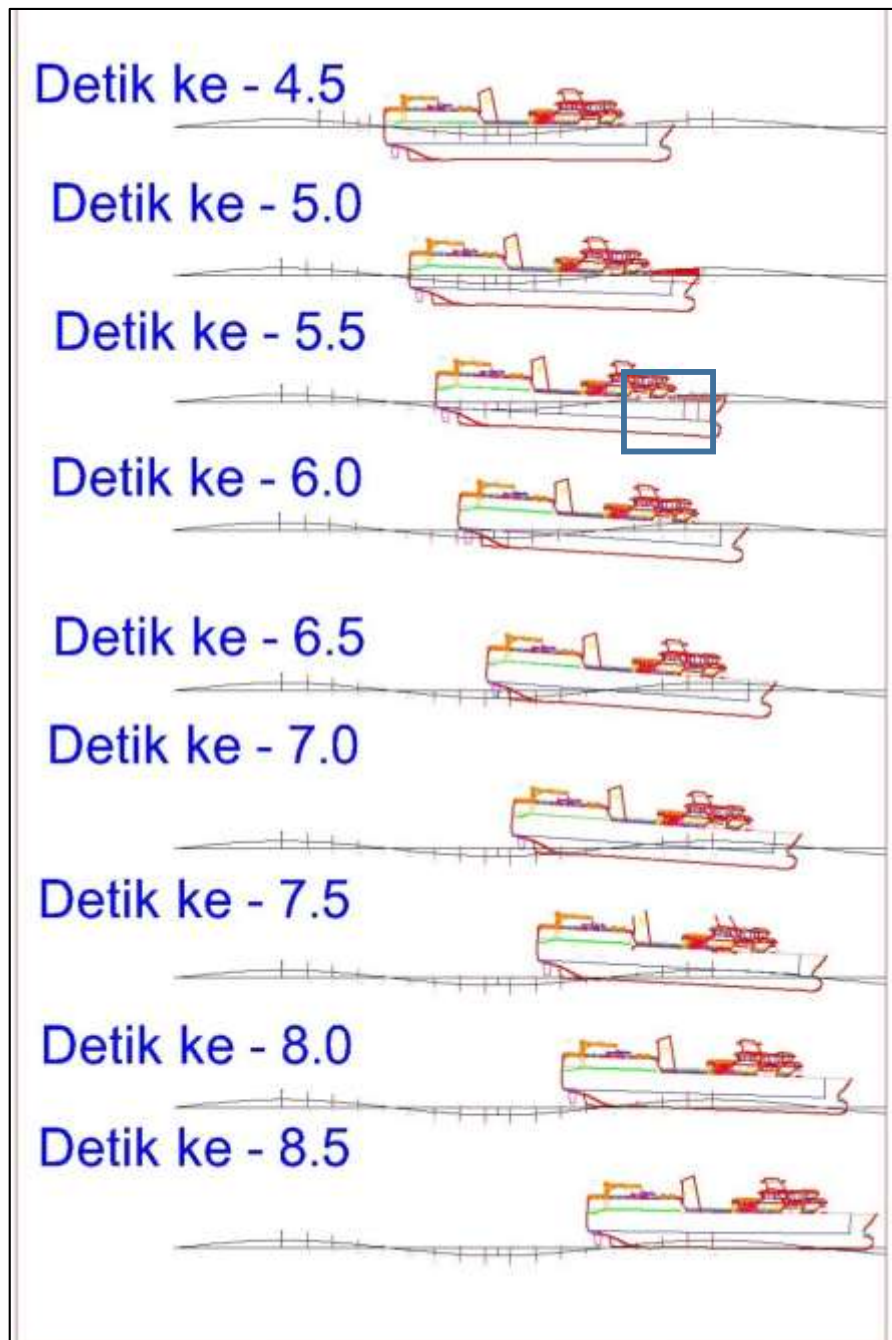
Berdasarkan grafik elevasi pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer*, *slamming* diprediksikan akan terjadi pada detik ke 1 – 3,5 dengan elevasi gerakan vertikal relatif haluan tertinggi sebesar 5.71 meter dan *greenwater* diprediksikan akan terjadi pada detik ke 6.5 – 8.4 dengan elevasi gerakan vertikal relatif haluan terendah sebesar -5.76 meter. Hasil dari grafik elevasi ini kemudian akan digunakan untuk menjadi acuan dalam simulasi gerakan kapal pada gelombang regular pada kondisi pengoperasian *streamer* yaitu pada kecepatan 5 knot dan pembebanan *full load*.

Dengan mengacu pada grafik elevasi gerakan vertikal relatif haluan maka selanjutnya akan dilakukan simulasi gerakan kapal pada gelombang regular dengan satuan waktu. Dari simulasi gerakan kapal ini selanjutnya akan digunakan untuk memprediksi volume air yang masuk ke daerah geladak haluan kapal. Besarnya volume air yang masuk ke daerah geladak haluan kapal akan digunakan untuk melakukan perhitungan tekanan yang terjadi akibat *greenwater*. Pada Gambar 4.21 akan ditunjukkan simulasi gerakan kapal pada gelombang regular. Gambar ini adalah salah satu contoh

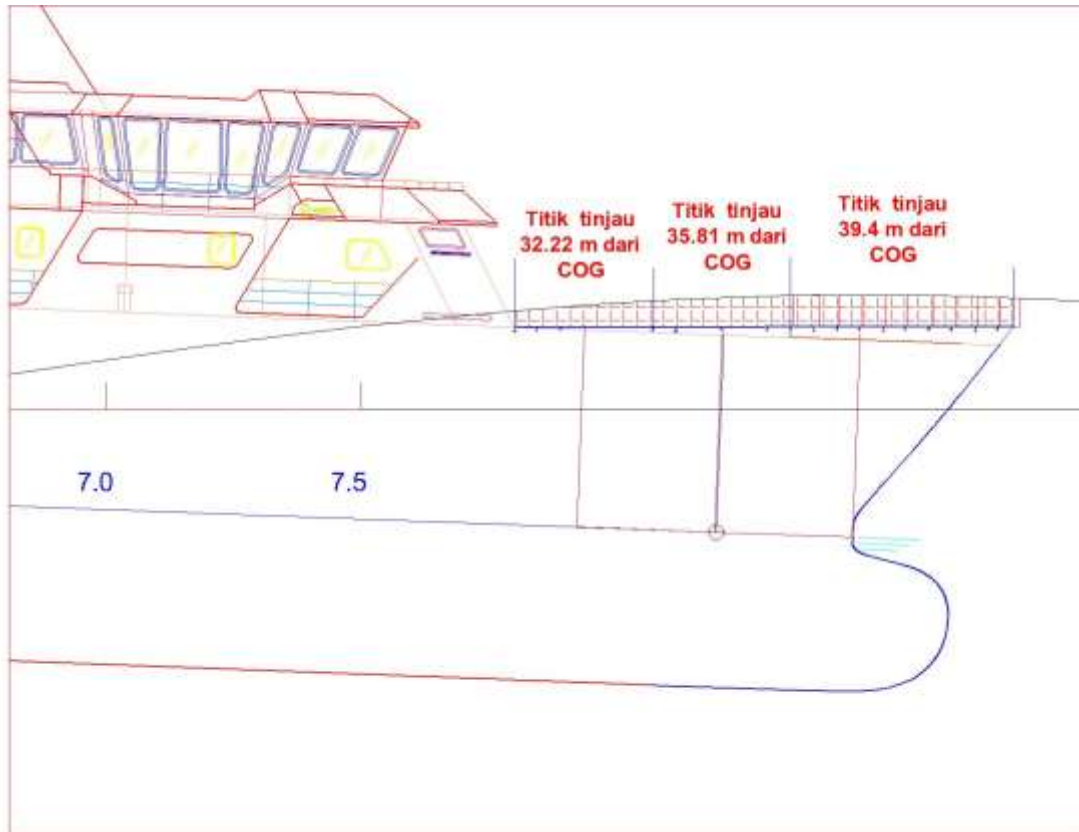
simulasi gerakan kapal yaitu pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 6 m dan arah datang gelombang  $180^\circ$ .



**Gambar 4.21 (a)** Simulasi gerakan kapal pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan  $H_s$  6 m dan *heading*  $180^\circ$  pada detik ke 0.0 – 4.0



**Gambar 4.21 (b)** Simulasi gerakan kapal pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan  $H_s$  6 m dan *heading*  $180^\circ$  pada detik ke 4.5 – 8.5



**Gambar 4. 22** Volume air yang masuk ke daerah geladak haluan

Setelah melakukan simulasi gerakan kapal pada setiap kondisi maka akan didapatkan volume air yang masuk ke daerah geladak haluan pada setiap kondisi. Volume yang masuk ke daerah geladak dibagi menjadi tiga bagian. Masing-masing bagian dibagi berdasarkan jarak titik tinjau. Volume air pada bagian titik tinjau 32.22 m dari COG berada pada *frame* 100 hingga *frame* 106, volume air pada bagian titik tinjau 35.81 m dari COG berada pada *frame* 106 hingga *frame* 112 dan volume air pada bagian titik tinjau 39.4 m dari COG berada pada *frame* 112 hingga ujung geladak haluan. Pada Tabel 4.7 hingga Tabel 4.9 merupakan volume air yang masuk ke daerah geladak haluan pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer*, kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *fullload* dan kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *lightload*. Volume air yang masuk ke daerah geladak haluan pada Tabel 4.7 hingga Tabel 4.9 merupakan volume pada bagian titik tinjau 39.4 m.

**Tabel 4.7** Volume air daerah geladak haluan pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer*

Heading	Hs	Volume air (m <sup>3</sup> )
180	4	13.249
	5	25.696
	6	38.007
150	4	8.623
	5	19.540
	6	31.375
120	4	9.712
	5	22.425
	6	32.883

**Tabel 4.8** Volume air daerah geladak haluan pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *fullload*

Heading	Hs	Volume air (m <sup>3</sup> )
180	4	0.000
	5	0.000
	6	0.000
150	4	0.000
	5	0.000
	6	0.000
120	4	0.000
	5	0.000
	6	0.000

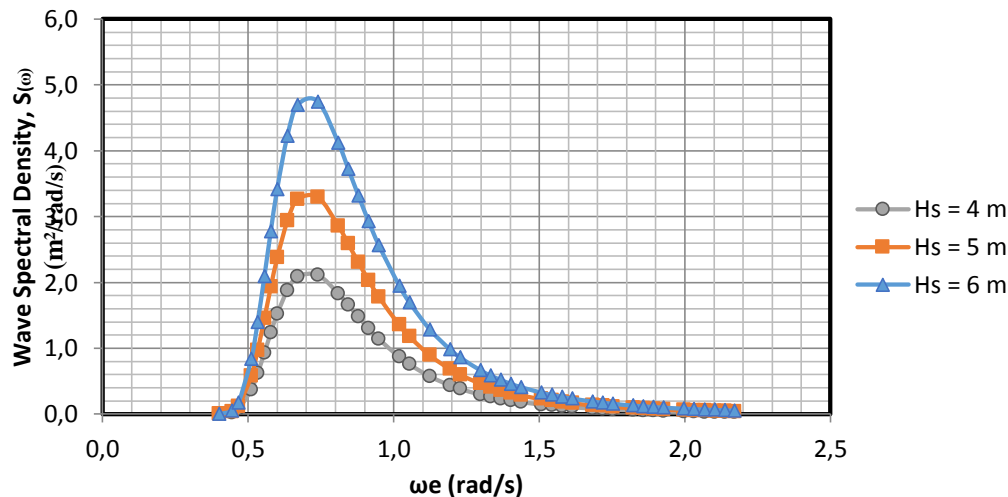
**Tabel 4.9** Volume air daerah geladak haluan pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *lightload*

Heading	Hs	Volume air (m <sup>3</sup> )
180	4	0.000
	5	0.000
	6	0.000
150	4	0.000
	5	0.000
	6	0.000
120	4	0.000
	5	0.000
	6	0.000

Berdasarkan Tabel 4.7 – 4.9 dapat diketahui bahwa volume air terbesar yang masuk ke daerah geladak bagian haluan pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* sebesar  $38 \text{ m}^3$ . Pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *full load* dan pembebanan *light load* tidak terjadi *greenwater* setelah dilakukan simulasi gerak kopel *heave* dan *pitch* dengan *time domain*, sehingga volume air yang masuk ke daerah geladak sama dengan nol.

#### 4.8. Respon Spektra

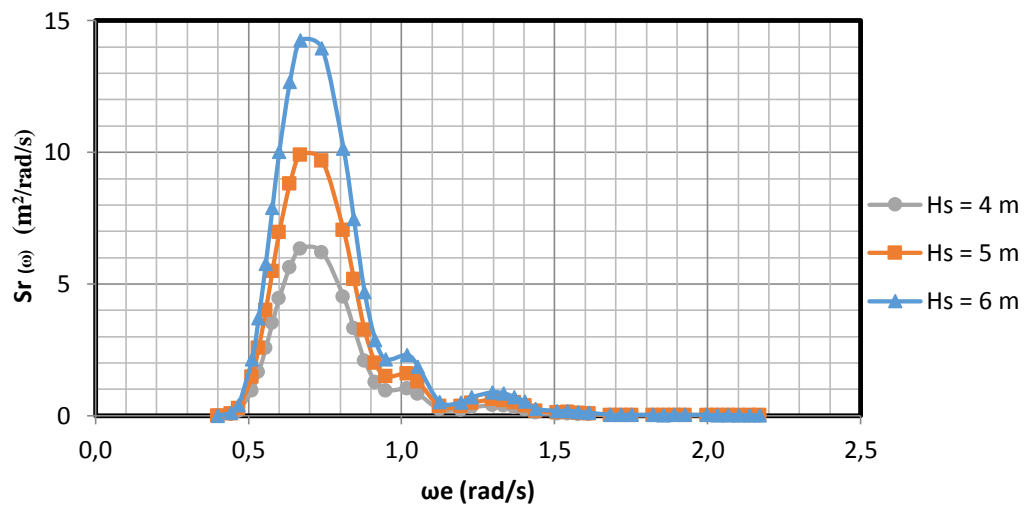
Setelah didapatkan RAO gerak relatif vertikal haluan pada gelombang regular maka selanjutnya RAO gerak relatif vertical akan dikombinasikan dengan spectragelombang. Spektra gelombang JONSWAP diperoleh berdasarkan variasi tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 4 m, 5 m, dan 6 m seperti terlihat pada Gambar 4.23.



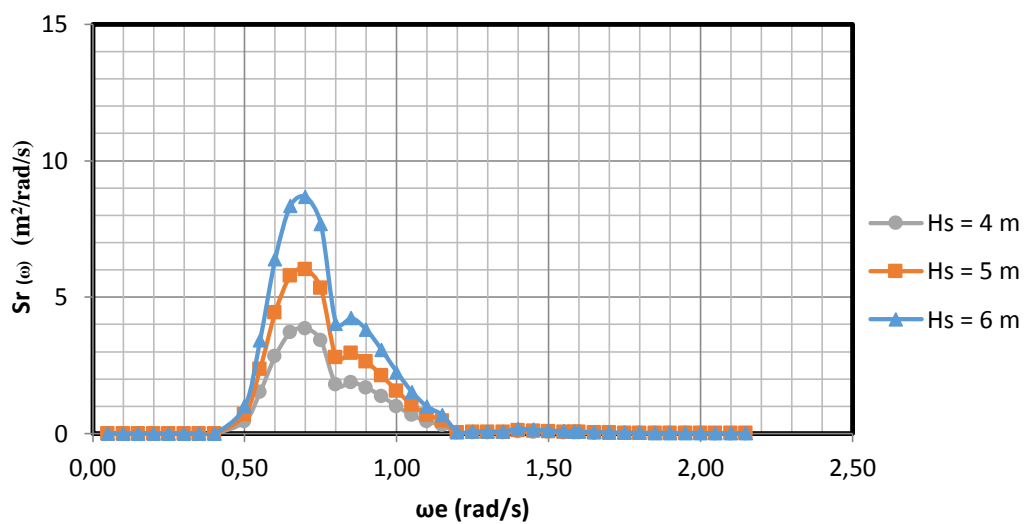
**Gambar 4. 23** Spektrum gelombang JONSWAP

Respon spektra diperoleh dari hasil perkalian kuadrat RAO gerak relatif vertikal haluan dengan spektra gelombang, sehingga diperoleh hasil spektrum respon berupa varian spektra respon gerak relatif vertikal haluan, varian spectra respon kecepatan relatif vertikal haluan, dan varian respon percepatan relatif vertikal haluan. Hasil tersebut selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan *slamming* dan *greenwater*. Pada Gambar 4.24 hingga Gambar 4.26 merupakan respon spektra pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer*, kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *fullload* dan kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *lightload*.

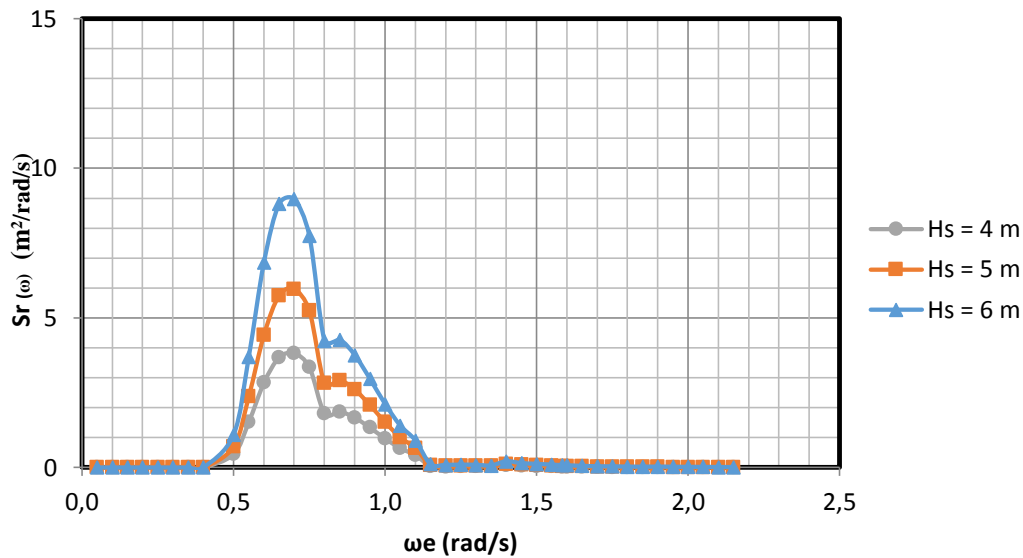




**Gambar 4. 24** Respon spektra pada kondisi tanpa penarikan streamer



**Gambar 4. 25** Respon spektra pada kondisi penarikan *streamer* dengan pembebanan *full load*



**Gambar 4. 26** Respon spektra pada kondisi penarikan *streamer* dengan pembebanan *light load*

Berdasarkan Gambar 4.24 – 4.26 dapat diketahui bahwa respon spektra pada kondisi tanpa penarikan *streamer*, nilai respon spektra terbesar berada pada tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 6 meter dan frekuensi 0,67 rad/s yaitu sebesar 14,25  $\text{m}^2/(\text{rad/s})$ . Pada kondisi penarikan *streamer* dengan pembebanan *full load*, nilai respon spektra terbesar berada pada tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 6 meter dan frekuensi 0,70 rad/s yaitu sebesar 8,674  $\text{m}^2/(\text{rad/s})$  dan pada kondisi penarikan *streamer* dengan pembebanan *light load*, nilai respon spektra terbesar berada pada tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 6 meter dan frekuensi 0,70 rad/s yaitu sebesar 8,965  $\text{m}^2/(\text{rad/s})$

#### 4.9. Perhitungan Slamming

Dalam perhitungan *slamming* digunakan harga kecepatan ambang batas *slamming* ( $V_{th}$ ) untuk didapatkan besarnya peluang, intensitas dan tekanan *slamming*. Harga kecepatan ambang batas yang digunakan ialah sesuai dengan ketentuan Tasai. Dalam ketentuan Tasai menyarankan bahwa harga  $V_{th} = 0.5$  m/det sebagai harga rata-rata bila bangunan laut melaju dengan kecepatan sekitar  $Fn = 0.10$ . Bila kecepatan rendah ( $Fn = 0.05$ ) dapat diambil  $V_{th} = 0.775$  m/det, atau bila kecepatan lebih tinggi ( $Fn = 0.145$ ) dapat diambil  $V_{th} = 0.20$  m/det dan dalam analisis ini harga kecepatan ambang batas yang digunakan ialah  $V_{th} = 0.5$  m/det. Pehitungan *slamming* dilakukan pada 3 kondisi yang

sama seperti pada analisis respon gerak kapal yaitu kondisi tanpa pengoperasian *streamer*, kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *fullload* dan kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *lightload*. Dengan demikian maka akan diperoleh hasil peluang, intensitas dan tekanan pada masing – masing kondisi. Hasil perhitungan peluang, intensitas dan tekanan *slamming* dapat dilihat pada Tabel berikut:

**Tabel 4.10** Hasil perhitungan *slamming* pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer*

Titik Tinjau 39.4 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180.0	4.0	0.00	0.0	0	0.00
	5.0	0.01	0.0	3	12.73
	6.0	0.03	0.0	13	42.34
150.0	4.0	0.00	0.0	0.0	0.00
	5.0	0.00	0.0	2	9.07
	6.0	0.03	0.0	11	36.75
120.0	4.0	0.00	0.0	0.0	0.00
	5.0	0.00	0.0	2	11.05
	6.0	0.03	0.003	12	40.67

Pada Tabel 4.10 merupakan hasil perhitungan *slamming* pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* yaitu dengan kecepatan 15 knot dan pembebanan *fullload*. Untuk peluang terbesar terjadinya *slamming* terjadi pada tinggi gelombang signifikan (Hs) 6 meter dan sudut arah datang gelombang 180 ° yaitu sebesar 0.03 atau 3 %. Intensitas terjadinya *slamming* terbesar berada pada tinggi gelombang signifikan (Hs) 6 meter dan sudut arah datang gelombang 180 ° yaitu terjadi sebanyak 13 kali setiap jamnya. Tekanan *slamming* terbesar terjadi pada pada tinggi gelombang signifikan (Hs) 6 meter dan sudut arah datang gelombang 180 ° yaitu sebesar 42.34 kPa.

**Tabel 4.11** Hasil perhitungan *slamming* pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *fullload*

Titik Tinjau 39.4 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.000	0.000020	0	0.00
	5	0.001	0.000170	0	0.00
	6	0.008	0.000396	1	8.70
150	4	0.001	0.000116	0	0.00
	5	0.002	0.000574	0	0.00
	6	0.006	0.000332	1	9.29
120	4	0.000	0.000013	0	0.00
	5	0.002	0.000306	0	0.00
	6	0.013	0.001289	5	12.94

Pada Tabel 4.11 ialah hasil perhitungan *slamming* pada kondisi pengoperasian *streamer* yaitu dengan kecepatan 5 knot dan pembebanan *fulload*. Untuk peluang terbesar terjadinya *slamming* terjadi pada tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 6 meter dan sudut arah datang gelombang  $120^\circ$  yaitu sebesar 0,013 atau 1.3, %. Intensitas terjadinya *slamming* terbesar berada pada tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 6 meter dan sudut arah datang gelombang  $120^\circ$  yaitu terjadi sebanyak 5 kali setiap jamnya. Tekanan *slamming* terbesar terjadi pada pada tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 6 meter dan sudut arah datang gelombang  $120^\circ$  yaitu sebesar 12.94 kPa.

**Tabel 4.12** Hasil perhitungan *slamming* pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *lightload*

Titik Tinjau 39 m dari COG					
Tabel Variasi $H_s$ dan Heading					
Sarat air di haluan ( $T_b$ ) = 4,2					
Heading	$H_s$	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.000	0.000	0	0.00
	5	0.003	0.000	0	0.65
	6	0.008	0.002	2	8.96
150	4	0.000	0.000	0	0.00
	5	0.002	0.001	0	1.28
	6	0.007	0.003	2	9.89
120	4	0.000	0.000	0	0.00
	5	0.003	0.001	0	2.18
	6	0.016	0.006	6	13.15

Pada Tabel 4.12 ialah hasil perhitungan *slamming* pada kondisi pengoperasian *streamer* yaitu dengan kecepatan 5 knot dan pembebanan *lightload*. Untuk peluang terbesar terjadinya *slamming* terjadi pada tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 6 meter dan sudut arah datang gelombang  $120^\circ$  yaitu sebesar 0,016 atau 1.6 %. Intensitas terjadinya *slamming* terbesar berada pada tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 6 meter dan sudut arah datang gelombang  $120^\circ$  yaitu terjadi sebanyak 6 kali setiap jamnya. Tekanan *slamming* terbesar terjadi pada pada tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 6 meter dan sudut arah datang gelombang  $120^\circ$  yaitu sebesar 13.15 kPa.

Berdasarkan hasil perhitungan *slamming* pada setiap kondisi terdapat perbedaan hasil yang cukup signifikan antara kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan kondisi pengoperasian *streamer*. Jika ditinjau berdasarkan respon gerak antara kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan kondisi pengoperasian *streamer*, pada kondisi pengoperasian *streamer* mengalami respon gerak *heave* dan *pitch* yang lebih besar

dibandingkan dengan kondisi tanpa pengoperasian *streamer*. Selain memperhitungkan respon gerak pada setiap kondisi, perbedaan sudut fase gerakan *heave* dan *pitch* pada setiap kondisi juga berpengaruh pada hasil perhitungan *slamming*. Perbedaan sudut fase ini dapat berpengaruh terhadap gerakan kopel antara *heave* dan *pitch*. Dapat disimpulkan bahwa sudut fase gerakan *heave* dan *pitch* pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* menyebabkan gerak relatif vertikal haluan menjadi lebih besar dibandingkan dengan kondisi pengoperasian *streamer* sehingga hasil dari perhitungan *slamming* pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* lebih besar.

Besarnya tekanan *slamming* pada beberapa kondisi menunjukkan harga nol. Hal ini disebabkan karena nilai intensitas *slamming* kurang dari satu ( $< 1$ ) sehingga dapat dianggap tidak terjadi *slamming*. Dalam hasil perhitungan yang lebih rinci pada lampiran, dapat ditemukan bahwa pada beberapa hasil tekanan *slamming* berharga negatif. Harga negatif pada tekanan *slamming* menunjukkan bahwa tidak terdapat tekanan pada daerah alas haluan dan dapat dianggap tidak terjadi *slamming* sehingga harga tekanan *slamming* dapat dianggap sama dengan nol.

Pada dasar teori telah dijelaskan bahwa variabel  $T_0$  merupakan waktu operasi kapal dan dalam analisis ini digunakan harga  $T_0$  sebesar 1 jam. Karena pada perhitungan *slamming* menggunakan nilai tinggi gelombang signifikan maka variabel  $T_0$  dianggap sebagai waktu terjadi badai. Hal ini disebabkan karena tinggi gelombang signifikan diasumsikan terjadi pada kondisi badai. Apabila variabel  $T_0$  atau waktu terjadinya badai diperbesar menjadi lebih dari 1 jam maka terdapat kemungkinan bahwa harga intensitas *slamming* menjadi lebih besar sehingga harga tekanannya menjadi lebih besar.

#### **4.10. Perhitungan Greenwater**

Berdasarkan hasil perhitungan respon spektra dan volume air yang masuk ke daerah geladak haluan maka peluang, intensitas dan tekanan *greenwater* dapat diprediksi dan hasilnya adalah seperti pada Tabel dibawah ini.

**Tabel 4.13** Perhitungan *greenwater* pada kondisi tanpa pengoperasian streamer

Heading	Hs	Volume air (m <sup>3</sup> )	Prob <sub>dwtwness</sub>	N <sub>dwtwness</sub> (jam)	N <sub>dwtwness</sub> (detik)	P <sub>dwtwness</sub> (kPa)
180	4	31.3	0.005	2	0.001	1.9
	5	45.0	0.034	12	0.003	3.5
	6	38.0	0.056	20	0.006	3.6
150	4	8.6	0.004	2	0.000	0.5
	5	19.5	0.031	11	0.003	1.7
	6	31.4	0.047	17	0.005	3.3
120	4	9.7	0.005	2	0.000	0.7
	5	22.4	0.030	11	0.003	1.9
	6	32.9	0.051	19	0.005	3.4

Pada Tabel 4.13 merupakan hasil perhitungan *greenwater* pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* yaitu dengan kecepatan 15 knot dan pembebanan *fullload*. Untuk peluang terbesar terjadinya *greenwater* terjadi pada tinggi gelombang signifikan (Hs) 6 meter dan sudut arah datang gelombang 180 ° yaitu sebesar 0.056 atau 5.6 %. Intensitas terjadinya *greenwater* terbesar berada pada tinggi gelombang signifikan (Hs) 6 meter dan sudut arah datang gelombang 180 ° yaitu terjadi sebanyak 20 kali setiap jamnya. Tekanan *greenwater* terbesar terjadi pada pada tinggi gelombang signifikan (Hs) 6 meter dan sudut arah datang gelombang 180 ° yaitu sebesar 3.6 kPa.

**Tabel 4.14** Perhitungan *greenwater* pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *fullload*

Heading	Hs	Volume air (m <sup>3</sup> )	Prob <sub>dwtwness</sub>	N <sub>dwtwness</sub> (jam)	N <sub>dwtwness</sub> (detik)	P <sub>dwtwness</sub> (kPa)
180	4	0.0	0.0000	0.000	0.000	0.000
	5	0.0	0.0000	0.000	0.000	0.000
	6	0.0	0.0001	0.025	0.000	0.000
150	4	0.0	0.0000	0.000	0.000	0.000
	5	0.0	0.0000	0.002	0.000	0.000
	6	0.0	0.0002	0.090	0.000	0.000
120	4	0.0	0.0000	0.000	0.000	0.000
	5	0.0	0.0000	0.001	0.000	0.000
	6	0.0	0.0001	0.053	0.000	0.000

Pada Tabel 4.14 merupakan hasil perhitungan *greenwater* pada kondisi pengoperasian *streamer* yaitu dengan kecepatan 5 knot dan pembebanan *fullload*.

Pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *full load* tidak terjadi *greenwater*, meskipun pada nilai probabilitas dan intensitas kejadian *greenwater* menunjukkan harga diatas nol pada beberapa variasi *heading* dan tinggi gelombang signifikan. Dapat disimpulkan bahwa apabila nilai intensitas kejadian *greenwater* kurang

dari satu ( $< 1$ ) maka dapat dianggap tidak terjadi *greenwater* pada kondisi tersebut. Sehingga tekanan pada daerah geladak haluan akibat *greenwater* menunjukkan harga nol.

**Tabel 4.15** Perhitungan *greenwater* pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan pembebanan *light load*

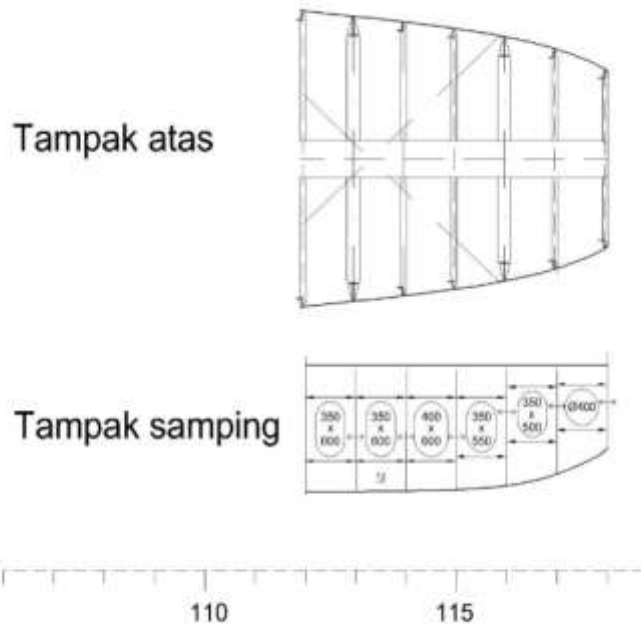
Heading	Hs	Volume air (m <sup>3</sup> )	Prob <sub>dwetness</sub>	N <sub>dwetness</sub> (jam)	N <sub>dwetness</sub> (detik)	P <sub>dwetness</sub> (kPa)
180	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	6	0.000	0.000	0.025	0.000	0.000
180	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000
	6	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000
150	4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	5	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
	6	0.000	0.000	0.066	0.000	0.000

Pada Tabel 4.15 merupakan hasil perhitungan *greenwater* pada kondisi pengoperasian *streamer* yaitu dengan kecepatan 5 knot dan pembebanan *light load*. Hasil perhitungan *greenwater* pada kondisi pengoperasian *streamer* yaitu dengan kecepatan 5 knot dan pembebanan *light load* menunjukkan harga nol pada nilai tekanan akibat *greenwater*. Hal ini disebabkan karena nilai intensitas kejadian *greenwater* pada kondisi ini menunjukkan harga kurang dari satu ( $< 1$ ) sehingga dapat dianggap tidak terjadi *greenwater* pada kondisi tersebut.

#### 4.11. Analisis Kekuatan Struktur Alas Bagian Haluan terhadap Beban *Slamming*

##### 4.11.1. Pemodelan Struktur Alas Bagian Haluan

Tahap awal dalam analisis tegangan ialah pemodelan struktur. Pemodelan awal dilakukan menggunakan Autocad 3D sebagai *geometry input* pada ANSYS Mechanical. Model yang dibuat merupakan bagian konstruksi lokal pada struktur alas bagian haluan. Bagian *frame* yang akan dimodelkan dipilih berdasarkan tekanan *slamming* yang terbesar. Tekanan *slamming* terbesar terjadi pada titik tinjau 39,4 dari COG, sehingga berdasarkan hal tersebut bagian – bagian konstruksi pada model ini meliputi struktur *frame* no.112 hingga no.118 pada bagian *bottom* hingga *inner bottom deck*. Pemodelan dilakukan berdasarkan dimensi struktur yang terdapat pada *construction profile* kapal survei seismik Geomarin IV milik PT. Citra Mas.



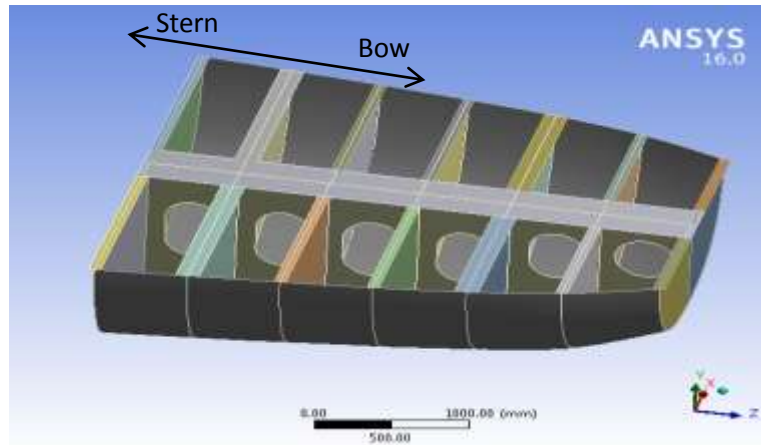
**Gambar 4. 27** Struktur alas bagian haluan pada *construction profile* yang akan dimodelkan



**Gambar 4. 28** Hasil pemodelan struktur alas bagian haluan pada Autocad 3D



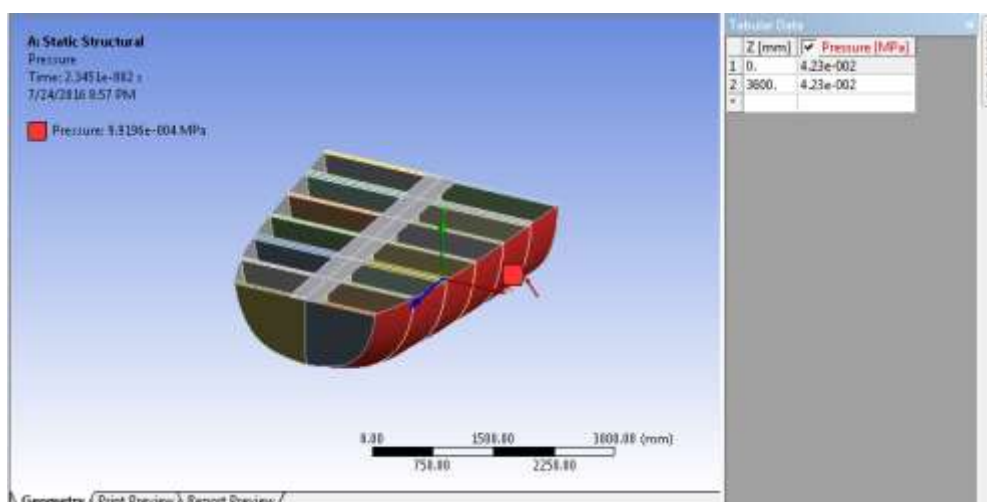
Jenis material konstruksi girder dan plat di kapal menggunakan material *mild steel* sesuai ketentuan BKI dengan *yield strength* sebesar 235 Mpa. Berikut ini adalah hasil pemodelan struktur alas bagian haluan



**Gambar 4. 29** Hasil pemodelan struktur alas bagian haluan pada ANSYS Mechanical

#### 4.11.2. Pembebanan Pada Model

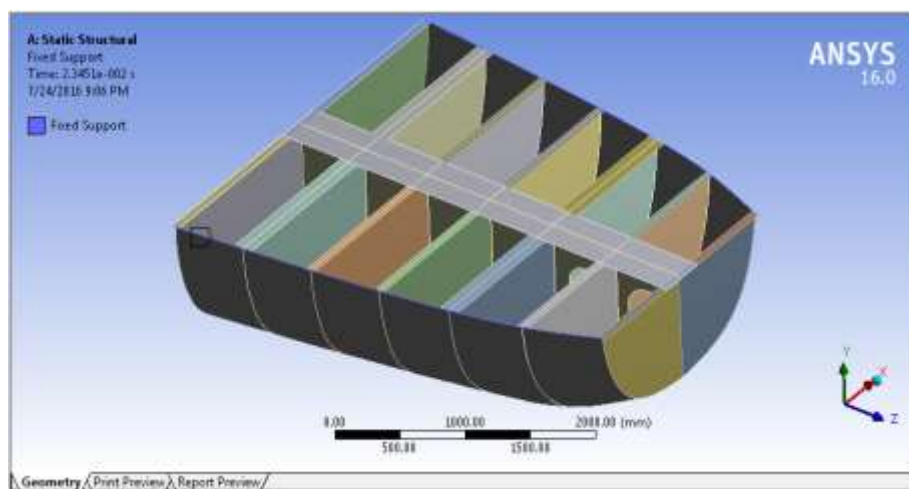
Setelah melakukan pemodelan maka selanjutnya adalah memasukan parameter pembebanan pada model yang telah dimodelkan. Beban yang bekerja pada struktur alas bagian haluan ialah tekanan *slamming* terbesar yaitu sebesar 42.34 kPa. Beban tersebut bekerja secara merata pada setiap luasan alas bagian haluan. Pada Gambar 4.30 merupakan pembebanan yang digunakan pada model struktur alas haluan.



**Gambar 4. 30** Pembebanan pada model struktur alas haluan

#### 4.11.3. Kondisi Batas Pada Model

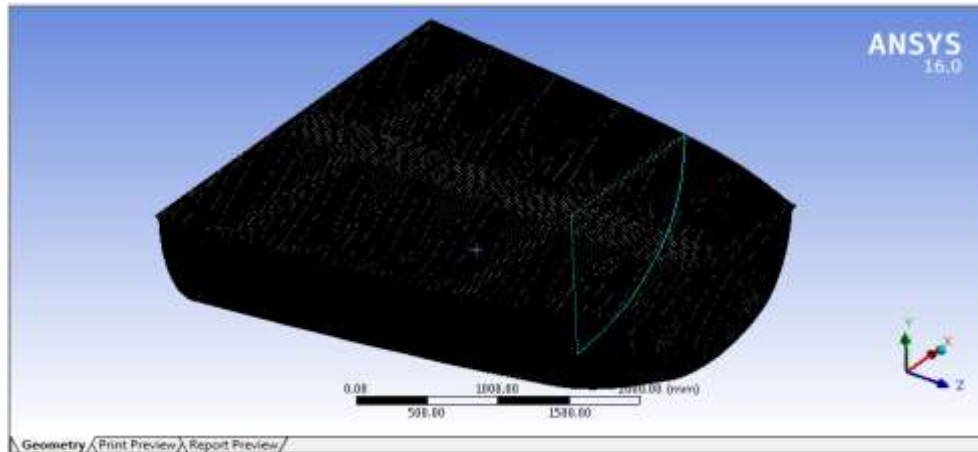
Analisis kekuatan struktur menggunakan metode elemen hingga harus dilakukan pendefinisian kondisi batas pada bagian tertentu yang telah ditentukan. Kondisi batas atau tumpuan terbagi menjadi beberapa tipe yaitu jepit, sendi, ataupun roll. Pada analisis ini bagian sisi luar pada *inner bottom* pada *frame* 112 hingga 118 diberikan kondisi batas *fixed support* karena pada bagian tersebut merupakan bagian yang tidak terjadi deformasi. *Fixed support* atau tumpuan jepit digunakan tumpuan jepit dianggap dapat mewakili interaksi gaya-gaya dalam yang terjadi secara global. Pada Gambar 4.31 merupakan pembebanan yang digunakan pada model struktur alas haluan.



**Gambar 4. 31** Kondisi batas pada model struktur alas haluan

#### 4.11.4. Meshing Pada Model

Meshing merupakan proses dimana bagian permukaan pada struktur akan didefinisikan menjadi elemen-elemen kecil sesuai dengan ukuran pembagian yang diinginkan. Meshing berfungsi sebagai metode untuk mendistribusikan tegangan pada elemen-elemen tersebut. Ukuran *meshing* akan mempengaruhi tingkat keakuratan hasil dari analisis. Semakin kecil ukuran meshing maka akan semakin baik pendistribusian tegangan tetapi hal tersebut akan memakan waktu yang lebih lama dan membutuhkan performa perangkat komputer yang lebih tinggi untuk mengoperasikannya. Pada Gambar 4.32 merupakan ukuran *meshing* yang digunakan pada model struktur alas bagian haluan.



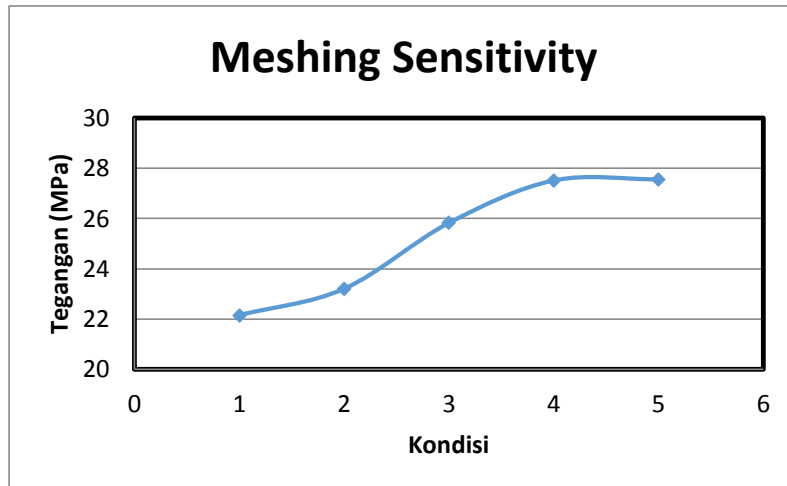
**Gambar 4. 32** Ukuran *meshing* pada model struktur alas bagian haluan

#### 4.11.5. Analisis Tegangan Struktur Alas Bagian Haluan

Untuk mengetahui tingkat akurasi pada meshing diperlukan analisis sensitifitas meshing atau yang biasa disebut metode konvergensi. Analisis ini dilakukan untuk melakukan pengecekan pada tegangan yang dihasilkan dari hasil ANSYS Mechanical apakah sudah mendekati nilai kebenaran. Pada Tugas Akhir ini, uji sensitivity dilakukan dengan cara memberikan variasi kerapatan pada meshing. Berdasarkan variasi kerapatan meshing tersebut akan didapatkan hasil *equivalent stress* atau yang lebih dikenal dengan *Von Mises Stress*. Dari beberapa hasil tegangan akan didapatkan selisih tegangan dan agar nilai tegangan tersebut memenuhi maka selisih nilai tegangan harus kurang dari 2 %. Dalam analisis ini dilakukan 5 kali variasi ukuran *mesh*.

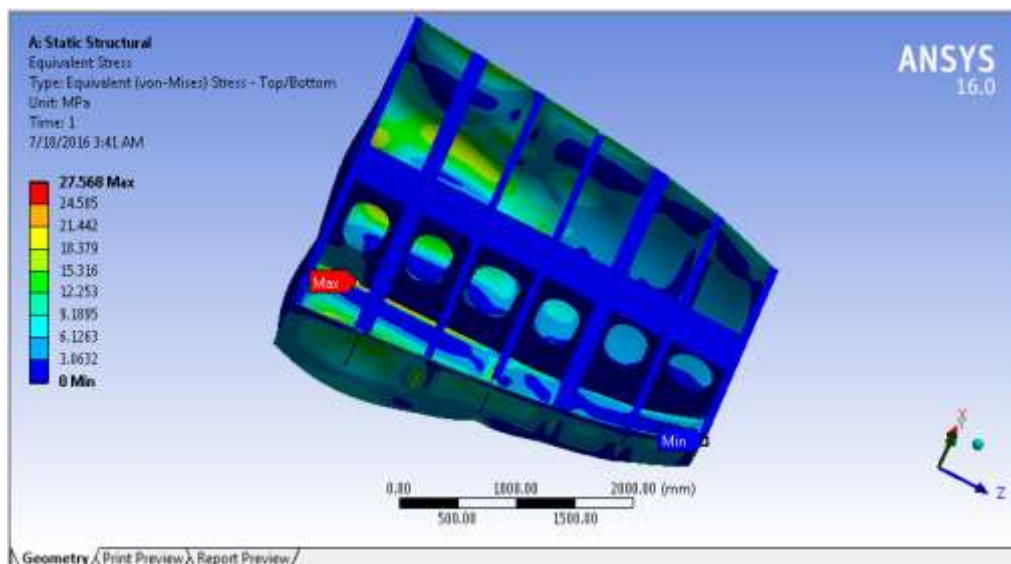
**Tabel 4.16** Tabulasi hasil *maximum von mises stress* untuk variasi kerapatan *mesh*

Kondisi	Mesh	Stress	Selisih
1	22 mm	22.147	
2	20 mm	23.2	4.75%
3	18 mm	25.83	11.34%
4	16 mm	27.523	6.55%
5	14 mm	27.57	0.17%

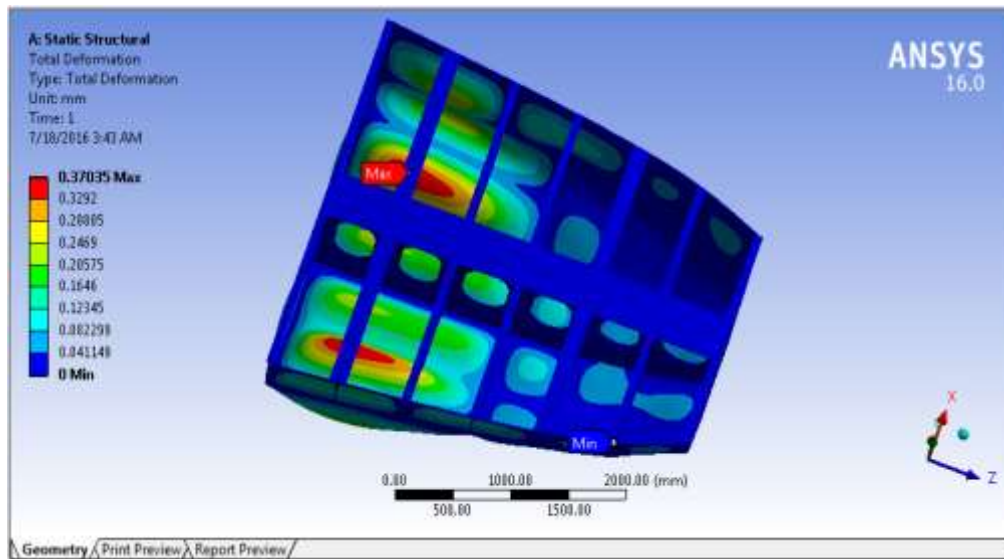


**Gambar 4. 33** Sensitivitas model konstruksi alas bagian haluan

Berdasarkan Tabel 4.16 dan grafik pada Gambar 4.33 dapat disimpulkan bahwa alas bagian haluan pada kapal survei seismik Geomarin IV tidak mengalami perubahan tegangan yang signifikan pada pada ukuran *mesh* 14 mm sehingga pada ukuran *mesh* tersebut hasil *meshing* dapat dikatakan stabil. Berdasarkan pada Gambar 4.33, maka hasil dari analisis tegangan akan ditunjukkan pada Gambar 4.34 dan 4.35.



**Gambar 4. 34** Distribusi tegangan pada struktur alas bagian haluan kapal survei seismik Geomarin IV



**Gambar 4. 35** Deformasi pada struktur alas bagian haluan kapal survei seismic Geomarin IV

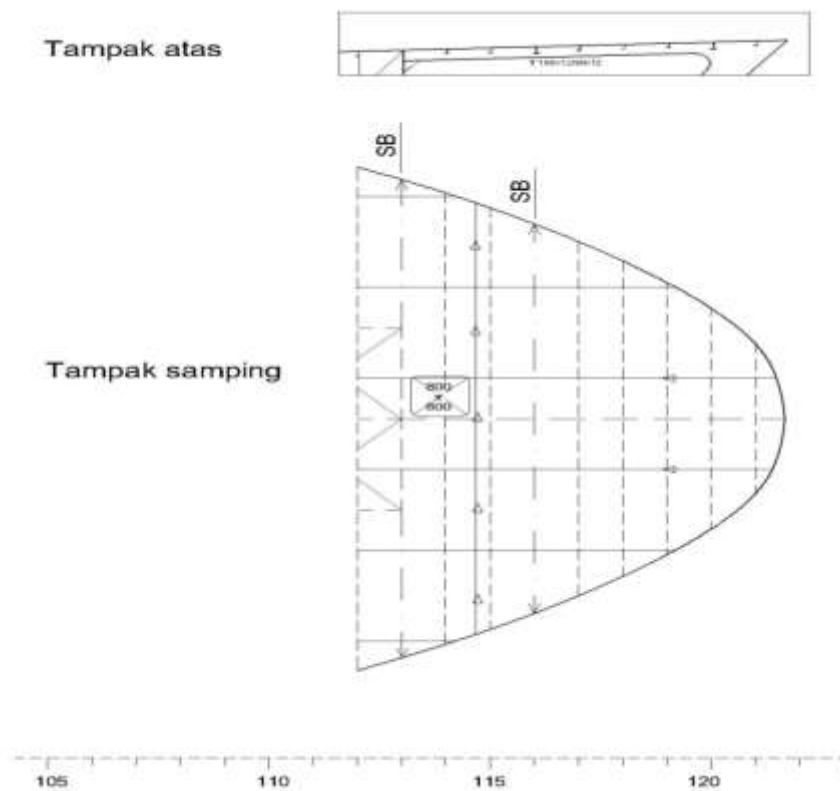
Pada hasil analisis didapatkan nilai tegangan von mises terbesar sebesar 27.57 Mpa dengan nilai deformasi terbesar yang terjadi pada struktur yang telah dimodelkan adalah sebesar 0.37 mm. Material yang digunakan ialah material *mild steel* dengan nilai *yield strength* 235 MPa. Untuk *allowable stress* yang digunakan dalam analisis kekuatan mengacu pada ketentuan ABS yang menganjurkan tegangan *Von Mises* tidak boleh melebihi 95% (ABS “*Safehull-Dynamic Loading Approach for Vessel*” Sec.11 Page 35. 2014) dari *yield strength material*, yaitu 223.25 MPa. Selain mengacu kepada ABS, dilakukan juga perbandingan dengan menggunakan ketentuan BKI (“*Rules For Hull Vol. II*” Section III, 3-7/24. 2014) dengan menggunakan *safety factor* 1.2 sehingga didapatkan *allowable stress* sebesar 195.83 MPa. Dengan mengacu kepada ketentuan ABS dan BKI, struktur dapat dinyatakan aman terhadap beban *slamming* untuk ketika beroperasi pada perairan laut Masela.

#### **4.12. Analisis Kekuatan Struktur Geladak Haluan terhadap Beban *Greenwater***

##### **4.12.1. Pemodelan Struktur Geladak Bagian Haluan**

Tahap awal dalam analisis tegangan ialah pemodelan struktur. Pemodelan awal dilakukan menggunakan Autocad 3D sebagai *geometry input* pada ANSYS Mechanical. Model yang dibuat merupakan bagian konstruksi lokal pada struktur geladak bagian haluan. Bagian *frame* yang akan dimodelkan dipilih berdasarkan tekanan *greenwater*

yang terbesar. Tekanan *greenwater* terbesar terjadi pada titik tinjau 39,4 dari COG, sehingga berdasarkan hal tersebut bagian – bagian konstruksi pada model ini meliputi struktur *frame* no.112 hingga no.121 pada bagian *bridge deck*. Pemodelan dilakukan berdasarkan dimensi struktur yang terdapat pada *construction profile* kapal survei seismik Geomarin IV milik PT. Citra Mas. Gambar 4.36 merupakan *construction profile* pada bagian struktur geladak haluan yang akan dimodelkan. Pada Gambar 4.36 terlihat bahwa pelat geladak ditumpu oleh *center girder* dan *beam*. Ukuran profil *girder* dan *beam* sesuai dengan data *scantling* yang terdapat pada Tabel 3.3. Pemodelan model 3D dilakukan sesuai dengan data *construction profile* dan *scantling*. Hasil pemodelan struktur geladak bagian haluan terdapat pada Gambar 4.37.

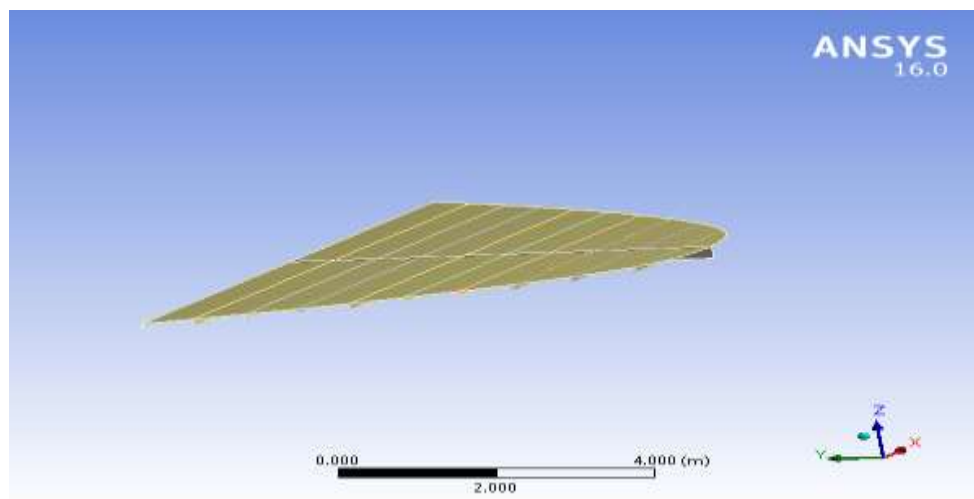


**Gambar 4. 36** Struktur alas bagian haluan pada *construction profile* yang akan dimodelkan



**Gambar 4. 37** Struktur alas bagian haluan pada *construction profile* yang akan dimodelkan

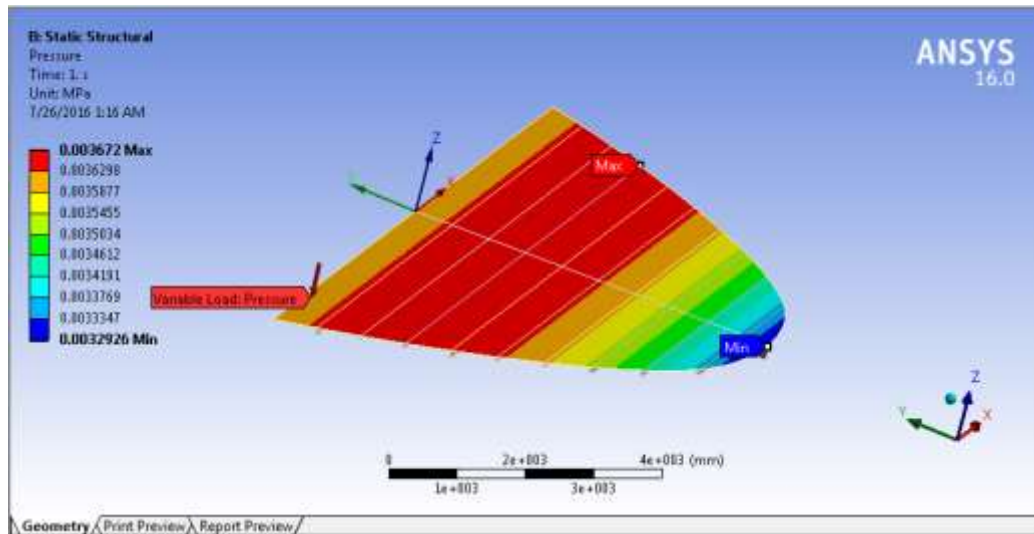
Pada *software* ANSYS, model dikemudian diidentifikasi jenis materialnya, Jenis material konstruksi girder dan pelat pada konstruksi kapal survei seismik *Geomarin IV* menggunakan material *mild steel* sesuai ketentuan BKI dengan *yield strength* sebesar 235 Mpa. Berikut ini adalah hasil pemodelan struktur geladak bagian haluan.



**Gambar 4. 38** Hasil pemodelan struktur alas bagian haluan pada ANSYS

#### 4.12.2. Pembebanan Pada Model

Setelah melakukan pemodelan maka selanjutnya adalah memasukan parameter pembebanan pada model yang telah dimodelkan. Beban yang bekerja pada struktur alas bagian haluan ialah tekanan *greenwater* terbesar yaitu sebesar 3.6 kPa. Beban tersebut terdistribusi tidak merata berdasarkan ketinggian air yang masuk ke setiap daerah geladak bagian haluan sehingga tekanan terbesar berdasarkan distribusi ketinggian air ialah sebesar 3.672 kPa. Distribusi tekanan pada luasan *deck* geladak bagian haluan ditunjukkan pada Gambar 4.39.

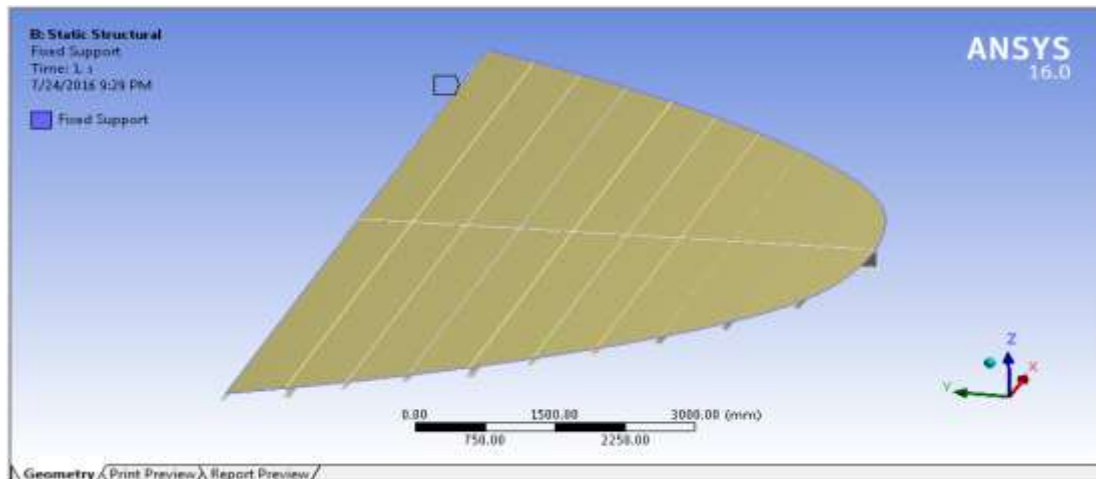


**Gambar 4. 39** Pembebanan pada daerah geladak bagian haluan

#### 4.12.3. Kondisi Batas Pada Model

Analisis kekuatan struktur menggunakan metode elemen hingga harus dilakukan pendefinisian kondisi batas pada bagian tertentu yang telah ditentukan. Kondisi batas atau tumpuan terbagi menjadi beberapa tipe yaitu jepit, sendi, ataupun roll. Pada analisis ini bagian sisi luar pada *bridge deck* pada *frame* 112 hingga 121 diberikan kondisi batas *fixed support* karena pada bagian tersebut merupakan bagian yang tidak terjadi deformasi sehingga pada daerah ujung pelat diberikan tumpuan jepit. Di kedua ujung *center girder* di bagian centerline diberikan juga tumpuan jepit karena merupakan girder terbesar yang dianggap kuat dan pada setiap daerah ujung *deck beam* diberikan tumpuan jepit karena pada bagian tersebut tidak terjadi deformasi. *Fixed support* atau tumpuan jepit digunakan tumpuan jepit dianggap dapat mewakili interaksi gaya-gaya dalam yang terjadi secara global. Pada Gambar 4.40 merupakan pembebanan yang digunakan pada model struktur geladak haluan.

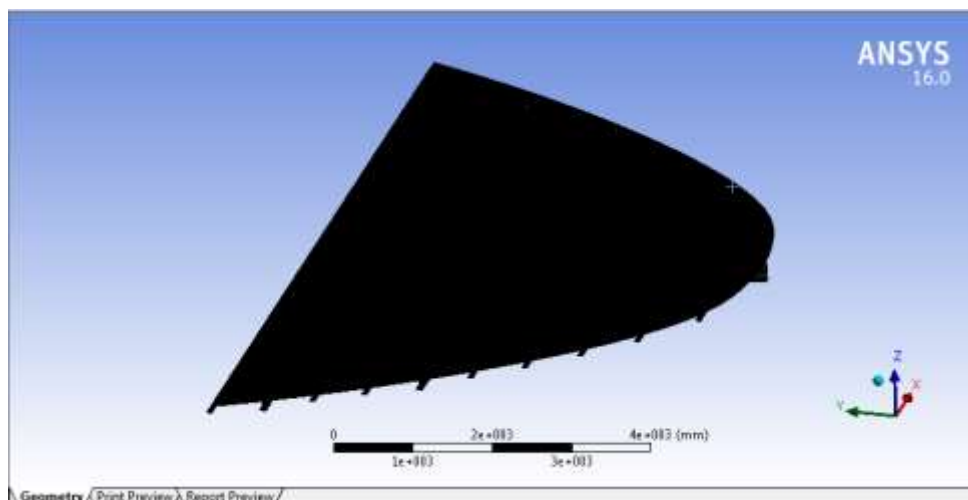




**Gambar 4. 40** Kondisi batas pada model struktur alas bagian haluan

#### 4.12.4. Meshing Pada Model

Meshing merupakan proses dimana bagian permukaan pada struktur akan didefinisikan menjadi elemen-elemen kecil sesuai dengan ukuran pembagian yang diinginkan. Meshing berfungsi sebagai metode untuk mendistribusikan tegangan pada elemen-elemen tersebut. Ukuran *meshing* akan mempengaruhi tingkat keakuratan hasil dari analisis. Semakin kecil ukuran meshing maka akan semakin baik pendistribusian tegangan tetapi hal tersebut akan memakan waktu yang lebih lama dan membutuhkan performa perangkat komputer yang lebih tinggi untuk mengoperasikannya. Pada Gambar 4.41 merupakan ukuran *meshing* yang digunakan pada model struktur geladak bagian haluan.



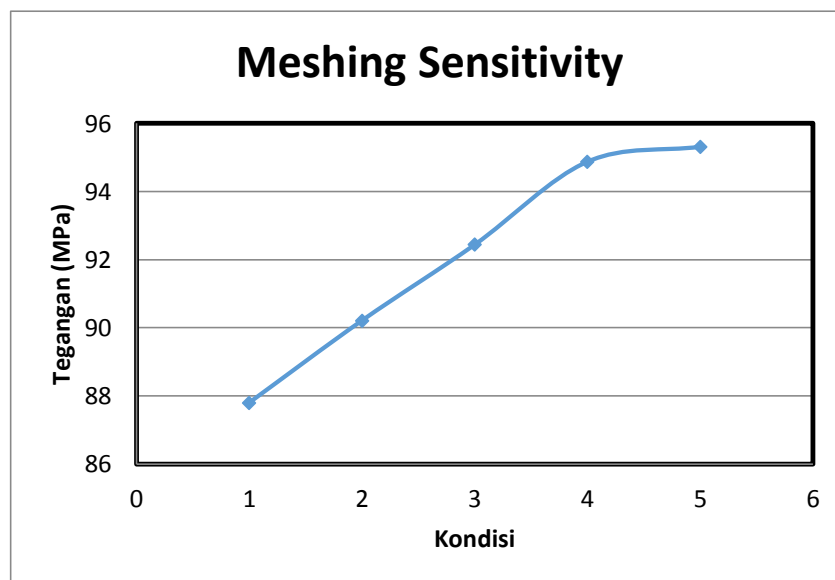
**Gambar 4. 41** Ukuran *meshing* pada model struktur geladak bagian haluan

#### 4.12.5. Analisis Tegangan Struktur Geladak Bagian Haluan

Untuk mengetahui tingkat akurasi pada meshing diperlukan analisis sensitifitas meshing atau yang biasa disebut metode konvergensi. Analisis ini dilakukan untuk melakukan pengecekan pada tegangan yang dihasilkan dari hasil ANSYS Mechanical apakah sudah mendekati nilai kebenaran. Pada Tugas Akhir ini, uji sensitivity dilakukan dengan cara memberikan variasi kerapatan pada meshing. Berdasarkan variasi kerapatan meshing tersebut akan didapatkan hasil *equivalent stress* atau yang lebih dikenal dengan *Von Mises Stress*.

**Tabel 4.17** Tabulasi hasil *maximum von mises stress* untuk variasi kerapatan *mesh*

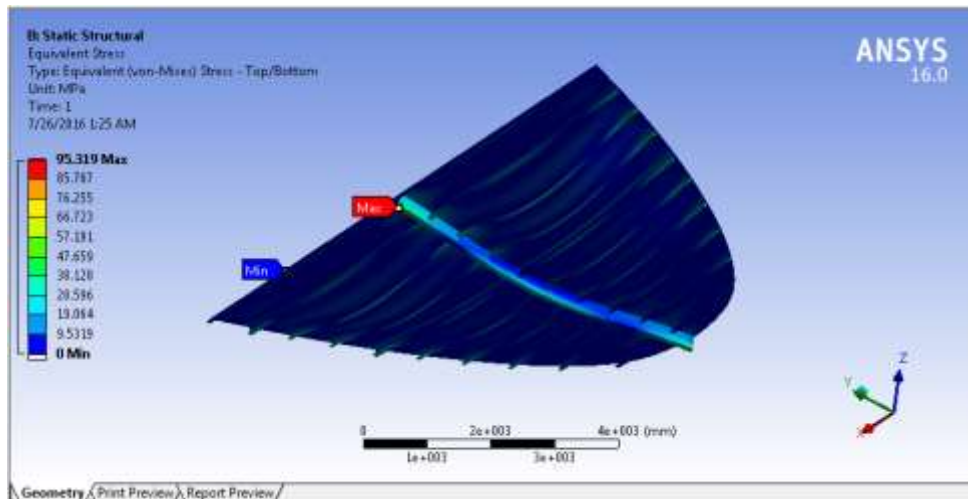
Deck			
Kondisi	Mesh	Stress	Selisih
1	18 mm	87.797	
2	16 mm	90.211	2.75%
3	14 mm	92.44	2.47%
4	12 mm	94.879	2.64%
5	10 mm	95.319	0.46%



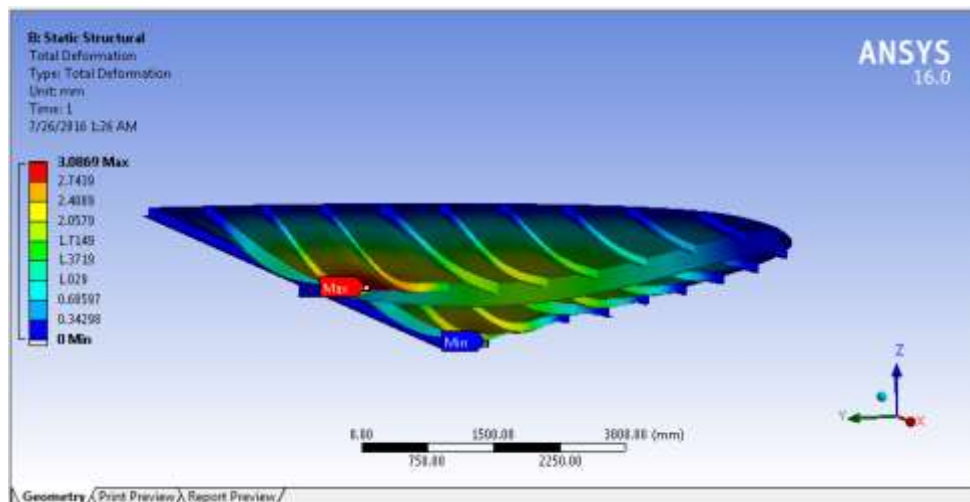
**Gambar 4. 42** Sensitivitas model konstruksi alas bagian haluan

Berdasarkan Tabel 4.17 dan grafik pada Gambar 4.42 dapat disimpulkan bahwa geladak bagian haluan pada kapal survei seismik Geomarin IV tidak mengalami

perubahan tegangan yang signifikan pada pada ukuran *mesh* 10 mm sehingga pada ukuran *mesh* tersebut hasil *meshing* dapat dikatakan stabil. Hasil dari analisis tegangan dan deformasi pada ukuran 10 mm akan ditunjukkan pada Gambar 4.43 dan 4.44.



**Gambar 4. 43** Distribusi tegangan pada struktur geladak bagian haluan kapal survei seismik *Geomarin IV*



**Gambar 4. 44** Deformasi pada struktur geladak bagian haluan kapal survei seismik *Geomarin IV*

Pada Gambar 4.43 dan 4.44 ditunjukkan bahwa nilai tegangan von misses terbesar sebesar 95.319 Mpa dengan deformasi 3.0869 mm . Berdasarkan material yang digunakan ialah *mild steel* dengan nilai *yield strength* 235 MPa. Untuk *allowable stress* yang digunakan dalam analisis kekuatan mengacu pada ketentuan ABS yang menganjurkan tegangan *Von Mises* tidak boleh melebihi 95% (ABS “*Safehull-Dynamic Loading*

*Approach for Vessel*” Sec.11 Page 35. 2014) dari *yield strength material*, yaitu 223.25 MPa. Selain mengacu kepada ABS, dilakukan juga perbandingan dengan menggunakan ketentuan BKI (“*Rules For Hull Vol. II*” *Section III*, 3-7/24. 2014) dengan menggunakan *safety factor* 1.2 sehingga didapatkan *allowable stress* sebesar 195.83 MPa. Dengan mengacu kepada ketentuan ABS dan BKI, struktur dapat dinyatakan aman terhadap beban *slamming* untuk ketika beroperasi pada perairan laut Masela.



# Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

Hs 4 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

$\xi =$	39.4	m	$\gamma =$	1.24	$A_{\gamma} =$	0.938263034						
Hs =	4	m	$\omega_p =$	0.711211778								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\omega$	RAO Heave (Za)	RAO Pitch ( $\Theta_a$ )	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch $\Theta_a$	Amplitudo Pitch $\Theta_a$	Ez	E $\Theta$	Tg Eb	Eb	Eb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.400	1.01	0.994	2.018	1.988	0.03470	-0.03491	-1.41721	-0.63857	-32.56110	-0.56830	2.64104	0.66026
0.444	1.01	0.998	2.024	1.996	0.03484	-0.04712	-1.43990	-0.66162	-33.48949	-0.58450	2.63902	0.65976
0.467	1.01	1.000	2.026	2	0.03491	-0.05411	-1.45211	-0.67488	-34.01468	-0.59367	2.63710	0.65928
0.511	1.02	1.003	2.034	2.006	0.03501	-0.06981	-1.47655	-0.70185	-35.06328	-0.61197	2.63753	0.65938
0.533	1.02	1.004	2.038	2.008	0.03505	-0.07854	-1.48702	-0.71527	-35.57511	-0.62090	2.64001	0.66000
0.556	1.02	1.006	2.044	2.012	0.03512	-0.08552	-1.49924	-0.72801	-36.05486	-0.62928	2.64140	0.66035
0.578	1.02	1.007	2.048	2.014	0.03515	-0.09250	-1.51146	-0.74088	-36.53393	-0.63764	2.64016	0.66004
0.600	1.03	1.008	2.056	2.016	0.03519	-0.09774	-1.52367	-0.75085	-36.90105	-0.64404	2.64044	0.66011
0.635	1.03	1.009	2.068	2.018	0.03522	-0.10123	-1.56731	-0.77424	-37.74832	-0.65883	2.60812	0.65203
0.670	1.04	1.010	2.082	2.02	0.03526	-0.09948	-1.61268	-0.79196	-38.37776	-0.66982	2.56850	0.64213
0.740	1.06	1.009	2.122	2.018	0.03522	-0.05934	-1.70868	-0.77839	-37.89688	-0.66143	2.44264	0.61066
0.810	1.09	1.006	2.182	2.012	0.03512	-0.11345	-1.81165	-0.59666	-30.82273	-0.53796	2.14024	0.53506
0.844	1.11	1.003	2.222	2.006	0.03501	0.31590	-1.85878	-0.36757	-20.18190	-0.35224	1.83279	0.45820
0.879	1.14	0.999	2.27	1.998	0.03487	0.64403	-1.89368	0.04351	2.49119	0.04348	1.38063	0.34516
0.914	1.16	0.994	2.328	1.988	0.03470	1.06116	-1.90939	1.08958	47.45478	0.82824	1.00810	0.25203
0.949	1.20	0.986	2.392	1.972	0.03442	1.45211	-1.88670	-7.86682	-82.75563	-1.44436	1.09495	0.27374
1.019	1.27	0.964	2.546	1.928	0.03365	2.01236	-1.63712	-0.83246	-39.77588	-0.69422	1.53004	0.38251
1.054	1.31	0.947	2.622	1.894	0.03306	2.22355	-1.34216	-0.62776	-32.11903	-0.56058	1.53179	0.38295
1.124	1.37	0.898	2.732	1.796	0.03135	2.56214	-0.27751	-1.05403	-46.50679	-0.81170	1.59568	0.39892
1.194	1.34	0.820	2.67	1.64	0.02862	2.79776	0.69988	-0.98509	-44.56971	-0.77789	2.31764	0.57941
1.229	1.27	0.770	2.542	1.54	0.02688	2.88503	0.96517	-0.81668	-39.23781	-0.68483	2.39621	0.59905
1.298	1.06	0.657	2.112	1.314	0.02293	3.02116	1.26013	-0.61196	-31.46489	-0.54917	2.13431	0.53358
1.333	0.92	0.598	1.846	1.196	0.02087	3.08574	1.34565	-0.54518	-28.59827	-0.49913	1.89011	0.47253
1.368	0.79	0.539	1.576	1.078	0.01881	-3.11541	1.41023	-0.47394	-25.35828	-0.44259	1.61229	0.40307
1.403	0.66	0.483	1.316	0.966	0.01686	-2.95833	1.46259	-0.34410	-18.98857	-0.33141	1.29256	0.32314
1.438	0.54	0.429	1.076	0.858	0.01497	-2.19388	1.51146	0.48040	25.65961	0.44784	0.65777	0.16444
1.508	0.34	0.329	0.674	0.658	0.01148	-0.31241	2.01760	0.45059	24.25594	0.42335	0.48904	0.12226
1.543	0.26	0.284	0.512	0.568	0.00991	-0.23038	-1.85179	-1.26151	-51.59620	-0.90052	0.62807	0.15702
1.578	0.19	0.244	0.378	0.488	0.00852	-0.19373	-1.74184	-1.28566	-52.12394	-0.90973	0.51113	0.12778
1.613	0.13	0.207	0.266	0.414	0.00723	-0.17279	-1.71740	-1.48501	-56.04374	-0.97815	0.39468	0.09867
1.683	0.05	0.145	0.106	0.29	0.00506	-0.16232	-1.72613	-2.90357	-70.99610	-1.23912	0.22650	0.05662
1.717	0.03	0.120	0.064	0.24	0.00419	-0.16755	-1.75406	-5.23642	-79.18839	-1.38210	0.17607	0.04402
1.752	0.03	0.098	0.062	0.196	0.00342	-0.18326	-1.81165	-4.93508	-78.54520	-1.37087	0.14508	0.03627
1.822	0.05	0.062	0.104	0.124	0.00216	-0.29845	-3.00895	-2.81269	-70.42810	-1.22920	0.04442	0.01111
1.857	0.06	0.048	0.124	0.096	0.00168	-0.90234	1.78896	-0.52525	-27.71062	-0.48364	0.07067	0.01767
1.892	0.07	0.037	0.136	0.074	0.00129	-2.99498	1.58301	-0.22947	-12.92390	-0.22556	0.13868	0.03467
1.927	0.07	0.028	0.146	0.056	0.00098	3.11890	1.48353	-0.29224	-16.29030	-0.28432	0.14857	0.03714
1.997	0.08	0.018	0.152	0.036	0.00063	3.01767	1.30027	-0.29568	-16.47197	-0.28749	0.15039	0.03760
2.032	0.08	0.016	0.15	0.032	0.00056	2.98102	1.15017	-0.31685	-17.58084	-0.30684	0.14590	0.03647
2.067	0.07	0.017	0.148	0.034	0.00059	2.93913	0.83252	-0.36407	-20.00480	-0.34915	0.13754	0.03439
2.102	0.07	0.018	0.142	0.036	0.00063	2.88852	-0.09948	-0.29328	-16.34557	-0.28528	0.11760	0.02940
2.137	0.07	0.019	0.136	0.038	0.00066	2.82045	-1.10828	-0.16648	-9.45192	-0.16497	0.11900	0.02975
2.171	0.06	0.020	0.128	0.04	0.00070	2.70701	-1.47829	-0.23339	-13.13702	-0.22928	0.11661	0.02915

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^2$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^4$ *Sr( $\omega$ )*SM
Sudut fase gerak relatif	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-4.19301	-76.58598	-1.33668	0.00052	1	3.89505	0.97376	0.948	0.000496723	0.00050	0.00020	0.00008	0.00001
-3.61855	-74.55165	-1.30117	0.02199	4	4.02853	1.00713	1.014	0.022300439	0.08920	0.03961	0.01758	0.00347
-3.32653	-73.26852	-1.27878	0.07675	2	4.09505	1.02376	1.048	0.080440834	0.16088	0.07513	0.03509	0.00765
-2.79698	-70.32657	-1.22743	0.37187	4	4.21858	1.05464	1.112	0.41361643	1.65447	0.84543	0.43202	0.11281
-2.55274	-68.60793	-1.19743	0.62181	2	4.27818	1.06955	1.144	0.711309687	1.42262	0.75826	0.40415	0.11481
-2.31534	-66.64040	-1.16309	0.92923	4	4.33605	1.08401	1.175	1.091918217	4.36767	2.42843	1.35020	0.41740
-2.11081	-64.65070	-1.12837	1.23436	2	4.38619	1.09655	1.202	1.48421224	2.96842	1.71575	0.99170	0.33131
-1.91690	-62.45005	-1.08996	1.51919	4	4.43333	1.10833	1.228	1.866172103	7.46469	4.47881	2.68729	0.96742
-1.66435	-59.00113	-1.02976	1.87738	2	4.47164	1.11791	1.250	2.346210258	4.69242	2.97969	1.89210	0.76294
-1.43150	-55.06306	-0.96103	2.08686	4	4.48857	1.12214	1.259	2.62778718	10.51115	7.04247	4.71845	2.11811
-1.00474	-45.13538	-0.78776	2.10990	2	4.42953	1.10738	1.226	2.587354573	5.17471	3.82928	2.83367	1.55172
-0.57623	-29.95182	-0.52276	1.83013	4	4.14010	1.03503	1.071	1.960576421	7.84231	6.35227	5.14534	3.37586
-0.32571	-18.04089	-0.31487	1.65590	2	3.83223	0.95806	0.918	1.51991257	3.03983	2.56561	2.16538	1.54248
-0.00498	-0.28538	-0.00498	1.47433	4	3.38017	0.84504	0.714	1.052816113	4.21126	3.70170	3.25380	2.51402
0.44257	23.87284	0.41666	1.30052	2	2.99430	0.74858	0.560	0.728765312	1.45753	1.33218	1.21762	1.01719
-0.08905	-5.08901	-0.08882	1.14004	4	2.98323	0.74581	0.556	0.6341225	2.53649	2.40713	2.28437	2.05730
0.33268	18.40149	0.32117	0.86710	2	3.31539	0.82885	0.687	0.595689703	1.19138	1.21402	1.23708	1.28454
0.62627	32.05761	0.55951	0.75461	4	3.28401	0.82100	0.674	0.508640842	2.03456	2.14443	2.26023	2.51092
1.82589	61.29147	1.06974	0.57197	2	3.27063	0.81766	0.669	0.382396432	0.76479	0.85963	0.96622	1.22070
12.30535	85.35404	1.48971	0.43582	4	3.69079	0.92270	0.851	0.371044496	1.48418	1.77211	2.11590	3.01650
11.16124	84.88021	1.48144	0.38159	2	3.31057	0.82764	0.685	0.261383632	0.52277	0.64248	0.78961	1.19266
-41.08687	-88.60577	-1.54646	0.29573	4	3.51270	0.87818	0.771	0.228065752	0.91226	1.18412	1.53698	2.58952
-6.99880	-81.86852	-1.42888	0.26087	2	3.53679	0.88420	0.782	0.2039513	0.40790	0.54373	0.72480	1.28788
-3.24547	-72.87477	-1.27190	0.23074	4	3.43295	0.85824	0.737	0.169957169	0.67983	0.93001	1.27225	2.38091
-1.82387	-61.26473	-1.06927	0.20464	2	3.21353	0.80338	0.645	0.132076223	0.26415	0.37061	0.51996	1.02349
-1.03430	-45.96592	-0.80226	0.18196	4	2.63292	0.65823	0.433	0.078838382	0.31535	0.45348	0.65210	1.34845
-0.15826	-8.99328	-0.15696	0.14497	2	2.48549	0.62137	0.386	0.055972914	0.11195	0.16881	0.25457	0.57891
-0.09200	-5.25627	-0.09174	0.12986	4	2.61554	0.65388	0.428	0.055524264	0.22210	0.34270	0.52878	1.25894
0.34465	19.01675	0.33190	0.11659	2	2.49901	0.62475	0.390	0.045506982	0.09101	0.14362	0.22663	0.56433
1.09743	47.65961	0.83182	0.10490	4	2.38855	0.59714	0.357	0.037404085	0.14962	0.24133	0.38927	1.01278
-2.45493	-67.83681	-1.18398	0.08543	2	1.77351	0.44338	0.197	0.016793748	0.03359	0.05653	0.09514	0.26947
-0.78942	-38.28839	-0.66826	0.07753	4	1.82425	0.45606	0.208	0.016125942	0.06450	0.11075	0.19016	0.56062
-0.17230	-9.77601	-0.17062	0.07029	2	1.85528	0.46382	0.215	0.015121143	0.03024	0.05298	0.09283	0.28494
1.00233	45.06655	0.78656	0.05807	4	1.95558	0.48890	0.239	0.013879672	0.05552	0.10116	0.18430	0.61183
3.87229	75.52001	1.31807	0.05291	2	1.92937	0.48234	0.233	0.012310168	0.02462	0.04572	0.08490	0.29278
-3.23396	-72.81741	-1.27090	0.04829	4	2.13844	0.53461	0.286	0.013801313	0.05521	0.10445	0.19762	0.70740
-0.95056	-43.54792	-0.76005	0.04414	2	2.14849	0.53712	0.289	0.012733733	0.02547	0.04908	0.09457	0.35117
0.27607	15.43342	0.26936	0.03704	4	2.15028	0.53757	0.289	0.010703776	0.04282	0.08550	0.17075	0.68094
1.05019	46.40225	0.80987	0.03400	2	2.14561	0.53640	0.288	0.009783751	0.01957	0.03976	0.08079	0.33360
5.28394	79.28336	1.38376	0.03126	4	2.13724	0.53431	0.285	0.008924155	0.03570	0.07378	0.15251	0.65161
-2.22600	-65.80862	-1.14858	0.02877	2	1.88253	0.47063	0.221	0.006373457	0.01275	0.02679	0.05632	0.24885
-0.58483	-30.32059	-0.52919	0.02652	4	1.88103	0.47026	0.221	0.005865122	0.02346	0.05014	0.10714	0.48928
0.09941	5.67718	0.09909	0.02453	1	1.88341	0.47085	0.222	0.005438864	0.00544	0.01181	0.02563	0.12082
								$\Sigma =$	67.17487	52.37146	44.43588	43.76836
								$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$	

**Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer***

## Hs 5 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

$\xi =$	39.4	m	$\gamma =$	1.24		$A_{\gamma} =$	0.938263034					
Hs =	5	m	$\omega_p =$	0.711211778								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\omega$	RAO Heave (Za)	RAO Pitch ( $\Theta_a$ )	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch $\Theta_a$	Amplitudo Pitch $\Theta_a$	$\Xi_z$	$\Xi\Theta$	Tg $\Xi_b$	$\Xi_b$	$\Xi_b$	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.400	1.01	0.994	2.5225	2.485	0.04337	-0.03491	-1.41721	-0.63857	-32.56110	-0.56830	3.30130	0.66026
0.444	1.01	0.998	2.53	2.495	0.04355	-0.04712	-1.43990	-0.66162	-33.48949	-0.58450	3.29878	0.65976
0.467	1.01	1.000	2.5325	2.5	0.04363	-0.05411	-1.45211	-0.67488	-34.01468	-0.59367	3.29638	0.65928
0.511	1.02	1.003	2.5425	2.5075	0.04376	-0.06981	-1.47655	-0.70185	-35.06328	-0.61197	3.29691	0.65938
0.533	1.02	1.004	2.5475	2.51	0.04381	-0.07854	-1.48702	-0.71527	-35.57511	-0.62090	3.30001	0.66000
0.556	1.02	1.006	2.555	2.515	0.04390	-0.08552	-1.49924	-0.72801	-36.05486	-0.62928	3.30175	0.66035
0.578	1.02	1.007	2.56	2.5175	0.04394	-0.09250	-1.51146	-0.74088	-36.53393	-0.63764	3.30020	0.66004
0.600	1.03	1.008	2.57	2.52	0.04398	-0.09774	-1.52367	-0.75085	-36.90105	-0.64404	3.30055	0.66011
0.635	1.03	1.009	2.585	2.5225	0.04403	-0.10123	-1.56731	-0.77424	-37.74832	-0.65883	3.26015	0.65203
0.670	1.04	1.010	2.6025	2.525	0.04407	-0.09948	-1.61268	-0.79196	-38.37776	-0.66982	3.21063	0.64213
0.740	1.06	1.009	2.6525	2.5225	0.04403	-0.05934	-1.70868	-0.77839	-37.89688	-0.66143	3.05331	0.61066
0.810	1.09	1.006	2.7275	2.515	0.04390	0.11345	-1.81165	-0.59666	-30.82273	-0.53796	2.67530	0.53506
0.844	1.11	1.003	2.7775	2.5075	0.04376	0.31590	-1.85878	-0.36757	-20.18190	-0.35224	2.29099	0.45820
0.879	1.14	0.999	2.8375	2.4975	0.04359	0.64403	-1.89368	0.04351	2.49119	0.04348	1.72579	0.34516
0.914	1.16	0.994	2.91	2.485	0.04337	1.06116	-1.90939	1.08958	47.45478	0.82824	1.26013	0.25203
0.949	1.20	0.986	2.99	2.465	0.04302	1.45211	-1.88670	-7.86682	-82.75563	-1.44436	1.36869	0.27374
1.019	1.27	0.964	3.1825	2.41	0.04206	2.01236	-1.63712	-0.83246	-39.77588	-0.69422	1.91255	0.38251
1.054	1.31	0.947	3.2775	2.3675	0.04132	2.22355	-1.34216	-0.62776	-32.11903	-0.56058	1.91474	0.38295
1.124	1.37	0.898	3.415	2.245	0.03918	2.56214	-0.27751	-1.05403	-46.50679	-0.81170	1.99460	0.39892
1.194	1.34	0.820	3.3375	2.05	0.03578	2.79776	0.69988	-0.98509	-44.56971	-0.77789	2.89704	0.57941
1.229	1.27	0.770	3.1775	1.925	0.03360	2.88503	0.96517	-0.81668	-39.23781	-0.68483	2.99526	0.59905
1.298	1.06	0.657	2.64	1.6425	0.02867	3.02116	1.26013	-0.61196	-31.46489	-0.54917	2.66789	0.53358
1.333	0.92	0.598	2.3075	1.495	0.02609	3.08574	1.34565	-0.54518	-28.59827	-0.49913	2.36264	0.47253
1.368	0.79	0.539	1.97	1.3475	0.02352	-3.11541	1.41023	-0.47394	-25.35828	-0.44259	2.01536	0.40307
1.403	0.66	0.483	1.645	1.2075	0.02107	-2.95833	1.46259	-0.34410	-18.98857	-0.33141	1.61570	0.32314
1.438	0.54	0.429	1.345	1.0725	0.01872	-2.19388	1.51146	0.48040	25.65961	0.44784	0.82221	0.16444
1.508	0.34	0.329	0.8425	0.8225	0.01436	-0.31241	2.01760	0.45059	24.25594	0.42335	0.61130	0.12226
1.543	0.26	0.284	0.64	0.71	0.01239	-0.23038	-1.85179	-1.26151	-51.59620	-0.90052	0.78509	0.15702
1.578	0.19	0.244	0.4725	0.61	0.01065	-0.19373	-1.74184	-1.28566	-52.12394	-0.90973	0.63891	0.12778
1.613	0.13	0.207	0.3325	0.5175	0.00903	-0.17279	-1.71740	-1.48501	-56.04374	-0.97815	0.49335	0.09867
1.683	0.05	0.145	0.1325	0.3625	0.00633	-0.16232	-1.72613	-2.90357	-70.99610	-1.23912	0.28312	0.05662
1.717	0.03	0.120	0.08	0.3	0.00524	-0.16755	-1.75406	-5.23642	-79.18839	-1.38210	0.22009	0.04402
1.752	0.03	0.098	0.0775	0.245	0.00428	-0.18326	-1.81165	-4.93508	-78.54520	-1.37087	0.18135	0.03627
1.822	0.05	0.062	0.13	0.155	0.00271	-0.29845	-3.00895	-2.81269	-70.42810	-1.22920	0.05553	0.01111
1.857	0.06	0.048	0.155	0.12	0.00209	-0.90234	1.78896	-0.52525	-27.71062	-0.48364	0.08834	0.01767
1.892	0.07	0.037	0.17	0.0925	0.00161	-2.99498	1.58301	-0.22947	-12.92390	-0.22556	0.17334	0.03467
1.927	0.07	0.028	0.1825	0.07	0.00122	3.11890	1.48353	-0.29224	-16.29030	-0.28432	0.18571	0.03714
1.997	0.08	0.018	0.19	0.045	0.00079	3.01767	1.30027	-0.29568	-16.47197	-0.28749	0.18799	0.03760
2.032	0.08	0.016	0.1875	0.04	0.00070	2.98102	1.15017	-0.31685	-17.58084	-0.30684	0.18237	0.03647
2.067	0.07	0.017	0.185	0.0425	0.00074	2.93913	0.83252	-0.36407	-20.00480	-0.34915	0.17193	0.03439
2.102	0.07	0.018	0.1775	0.045	0.00079	2.88852	-0.09948	-0.29328	-16.34557	-0.28528	0.14700	0.02940
2.137	0.07	0.019	0.17	0.0475	0.00083	2.82045	-1.10828	-0.16648	-9.45192	-0.16497	0.14875	0.02975
2.171	0.06	0.020	0.16	0.05	0.00087	2.70701	-1.47829	-0.23339	-13.13702	-0.22928	0.14577	0.02915



14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^2$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^4$ *Sr( $\omega$ )*SM
Sudut fase gerak relatif	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )		(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-4.19301	-76.58598	-1.33668	0.00082	1	4.86881	0.97376	0.948	0.00077613	0.00078	0.00031	0.00012	0.00002
-3.61855	-74.55165	-1.30117	0.03435	4	5.03567	1.00713	1.014	0.034844436	0.13938	0.06188	0.02748	0.00542
-3.32653	-73.26852	-1.27878	0.11992	2	5.11881	1.02376	1.048	0.125688803	0.25138	0.11739	0.05482	0.01196
-2.79698	-70.32657	-1.22743	0.58104	4	5.27322	1.05464	1.112	0.646275671	2.58510	1.32099	0.67502	0.17626
-2.55274	-68.60793	-1.19743	0.97158	2	5.34773	1.06955	1.144	1.111421385	2.22284	1.18478	0.63149	0.17940
-2.31534	-66.64040	-1.16309	1.45192	4	5.42006	1.08401	1.175	1.706122213	6.82449	3.79442	2.10970	0.65218
-2.11081	-64.65070	-1.12837	1.92869	2	5.48274	1.09655	1.202	2.319081625	4.63816	2.68086	1.54954	0.51768
-1.91690	-62.45005	-1.08996	2.37373	4	5.54166	1.10833	1.228	2.915893912	11.66358	6.99815	4.19889	1.51160
-1.66435	-59.00113	-1.02976	2.93341	2	5.58956	1.11791	1.250	3.665953528	7.33191	4.65576	2.95641	1.19210
-1.43150	-55.06306	-0.96103	3.26072	4	5.61072	1.12214	1.259	4.105917469	16.42367	11.00386	7.37259	3.30955
-1.00474	-45.13538	-0.78776	3.29671	2	5.53691	1.10738	1.226	4.042741521	8.08548	5.98326	4.42761	2.42456
-0.57623	-29.95182	-0.52276	2.85957	4	5.17513	1.03503	1.071	3.063400658	12.25360	9.92542	8.03959	5.27477
-0.32571	-18.04089	-0.31487	2.58735	2	4.79029	0.95806	0.918	2.37486339	4.74973	4.00877	3.38340	2.41012
-0.00498	-0.28538	-0.00498	2.30364	4	4.22522	0.84504	0.714	1.645025177	6.58010	5.78391	5.08406	3.92815
0.44257	23.87284	0.41666	2.03206	2	3.74288	0.74858	0.560	1.1386958	2.27739	2.08154	1.90252	1.58936
-0.08905	-5.08901	-0.08882	1.78131	4	3.72904	0.74581	0.556	0.990816406	3.96327	3.76114	3.56932	3.21453
0.33268	18.40149	0.32117	1.35485	2	4.14424	0.82885	0.687	0.930765161	1.86153	1.89690	1.93294	2.00709
0.62627	32.05761	0.55951	1.17908	4	4.10501	0.82100	0.674	0.794751316	3.17901	3.35067	3.53161	3.92332
1.82589	61.29147	1.06974	0.89370	2	4.08829	0.81766	0.669	0.597494425	1.19499	1.34317	1.50972	1.90734
12.30535	85.35404	1.48971	0.68097	4	4.61349	0.92270	0.851	0.579757025	2.31903	2.76892	3.30609	4.71328
11.16124	84.88021	1.48144	0.59623	2	4.13822	0.82764	0.685	0.408411926	0.81682	1.00388	1.23376	1.86353
-41.08687	-88.60577	-1.54646	0.46208	4	4.39088	0.87818	0.771	0.356352737	1.42541	1.85018	2.40154	4.04612
-6.99880	-81.86852	-1.42888	0.40761	2	4.42098	0.88420	0.782	0.318673906	0.63735	0.84958	1.13250	2.01232
-3.24547	-72.87477	-1.27190	0.36053	4	4.29119	0.85824	0.737	0.265558077	1.06223	1.45313	1.98789	3.72018
-1.82387	-61.26473	-1.06927	0.31974	2	4.01691	0.80338	0.645	0.206369098	0.41274	0.57907	0.81244	1.59921
-1.03430	-45.96592	-0.80226	0.28432	4	3.29115	0.65823	0.433	0.123184972	0.49274	0.70856	1.01891	2.10695
-0.15826	-8.99328	-0.15696	0.22651	2	3.10686	0.62137	0.386	0.087457678	0.17492	0.26377	0.39777	0.90455
-0.09200	-5.25627	-0.09174	0.20291	4	3.26942	0.65388	0.428	0.086756663	0.34703	0.53546	0.82622	1.96710
0.34465	19.01675	0.33190	0.18217	2	3.12377	0.62475	0.390	0.07110466	0.14221	0.22441	0.35411	0.88177
1.09743	47.65961	0.83182	0.16390	4	2.98569	0.59714	0.357	0.058443883	0.23378	0.37708	0.60823	1.58247
-2.45493	-67.83681	-1.18398	0.13348	2	2.21689	0.44338	0.197	0.026240231	0.05248	0.08832	0.14865	0.42105
-0.78942	-38.28839	-0.66826	0.12114	4	2.28031	0.45606	0.208	0.025196785	0.10079	0.17305	0.29713	0.87596
-0.17230	-9.77601	-0.17062	0.10983	2	2.31910	0.46382	0.215	0.023626786	0.04725	0.08279	0.14505	0.44522
1.00233	45.06655	0.78656	0.09073	4	2.44448	0.48890	0.239	0.021686988	0.08675	0.15805	0.28798	0.95599
3.87229	75.52001	1.31807	0.08267	2	2.41172	0.48234	0.233	0.019234637	0.03847	0.07144	0.13266	0.45747
-3.23396	-72.81741	-1.27090	0.07545	4	2.67305	0.53461	0.286	0.021564552	0.08626	0.16320	0.30878	1.10531
-0.95056	-43.54792	-0.76005	0.06897	2	2.68561	0.53712	0.289	0.019896457	0.03979	0.07668	0.14776	0.54870
0.27607	15.43342	0.26936	0.05787	4	2.68785	0.53757	0.289	0.01672465	0.06690	0.13360	0.26679	1.06397
1.05019	46.40225	0.80987	0.05313	2	2.68201	0.53640	0.288	0.015287111	0.03057	0.06213	0.12624	0.52125
5.28394	79.28336	1.38376	0.04884	4	2.67155	0.53431	0.285	0.013943992	0.05578	0.11529	0.23830	1.01814
-2.22600	-65.80862	-1.14858	0.04496	2	2.35316	0.47063	0.221	0.009958526	0.01992	0.04187	0.08800	0.38883
-0.58483	-30.32059	-0.52919	0.04144	4	2.35128	0.47026	0.221	0.009164254	0.03666	0.07834	0.16740	0.76450
0.09941	5.67718	0.09909	0.03833	1	2.35426	0.47085	0.222	0.008498225	0.00850	0.01845	0.04005	0.18879
								$\Sigma =$	104.96074	81.83041	69.43106	68.38807
									$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

## Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

## Hs 5 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Ξz	ΞΘ	Tg Eb	Eb	Eb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	Sudut fase gerakan vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.400	1.01	0.994	3.027	2.982	0.05205	-0.03491	-1.41721	-0.63857	-32.56110	-0.56830	3.96155	0.66026
0.444	1.01	0.998	3.036	2.994	0.05226	-0.04712	-1.43990	-0.66162	-33.48949	-0.58450	3.95853	0.65976
0.467	1.01	1.000	3.039	3	0.05236	-0.05411	-1.45211	-0.67488	-34.01468	-0.59367	3.95565	0.65928
0.511	1.02	1.003	3.051	3.009	0.05252	-0.06981	-1.47655	-0.70185	-35.06328	-0.61197	3.95629	0.65938
0.533	1.02	1.004	3.057	3.012	0.05257	-0.07854	-1.48702	-0.71527	-35.57511	-0.62090	3.96001	0.66000
0.556	1.02	1.006	3.066	3.018	0.05267	-0.08552	-1.49924	-0.72801	-36.05486	-0.62928	3.96210	0.66035
0.578	1.02	1.007	3.072	3.021	0.05273	-0.09250	-1.51146	-0.74088	-36.53393	-0.63764	3.96024	0.66004
0.600	1.03	1.008	3.084	3.024	0.05278	-0.09774	-1.52367	-0.75085	-36.90105	-0.64404	3.96066	0.66011
0.635	1.03	1.009	3.102	3.027	0.05283	-0.10123	-1.56731	-0.77424	-37.74832	-0.65883	3.91217	0.65203
0.670	1.04	1.010	3.123	3.03	0.05288	-0.09948	-1.61268	-0.79196	-38.37776	-0.66982	3.85275	0.64213
0.740	1.06	1.009	3.183	3.027	0.05283	-0.05934	-1.70868	-0.77839	-37.89688	-0.66143	3.66397	0.61066
0.810	1.09	1.006	3.273	3.018	0.05267	0.11345	-1.81165	-0.59666	-30.82273	-0.53796	3.21036	0.53506
0.844	1.11	1.003	3.333	3.009	0.05252	0.31590	-1.85878	-0.36757	-20.18190	-0.35224	2.74919	0.45820
0.879	1.14	0.999	3.405	2.997	0.05231	0.64403	-1.89368	0.04351	2.49119	0.04348	2.07095	0.34516
0.914	1.16	0.994	3.492	2.982	0.05205	1.06116	-1.90939	1.08958	47.45478	0.82824	1.51215	0.25203
0.949	1.20	0.986	3.588	2.958	0.05163	1.45211	-1.88670	-7.86682	-82.75563	-1.44436	1.64243	0.27374
1.019	1.27	0.964	3.819	2.892	0.05047	2.01236	-1.63712	-0.83246	-39.77588	-0.69422	2.29507	0.38251
1.054	1.31	0.947	3.933	2.841	0.04958	2.22355	-1.34216	-0.62776	-32.11903	-0.56058	2.29769	0.38295
1.124	1.37	0.898	4.098	2.694	0.04702	2.56214	-0.27751	-1.05403	-46.50679	-0.81170	2.39351	0.39892
1.194	1.34	0.820	4.005	2.46	0.04294	2.79776	0.69988	-0.98509	-44.56971	-0.77789	3.47645	0.57941
1.229	1.27	0.770	3.813	2.31	0.04032	2.88503	0.96517	-0.81668	-39.23781	-0.68483	3.59431	0.59905
1.298	1.06	0.657	3.168	1.971	0.03440	3.02116	1.26013	-0.61196	-31.46489	-0.54917	3.20147	0.53358
1.333	0.92	0.598	2.769	1.794	0.03131	3.08574	1.34565	-0.54518	-28.59827	-0.49913	2.83516	0.47253
1.368	0.79	0.539	2.364	1.617	0.02822	-3.11541	1.41023	-0.47394	-25.35828	-0.44259	2.41843	0.40307
1.403	0.66	0.483	1.974	1.449	0.02529	-2.95833	1.46259	-0.34410	-18.98857	-0.33141	1.93884	0.32314
1.438	0.54	0.429	1.614	1.287	0.02246	-2.19388	1.51146	0.48040	25.65961	0.44784	0.98665	0.16444
1.508	0.34	0.329	1.011	0.987	0.01723	-0.31241	2.01760	0.45059	24.25594	0.42335	0.73356	0.12226
1.543	0.26	0.284	0.768	0.852	0.01487	-0.23038	-1.85179	-1.26151	-51.59620	-0.90052	0.94210	0.15702
1.578	0.19	0.244	0.567	0.732	0.01278	-0.19373	-1.74184	-1.28566	-52.12394	-0.90973	0.76669	0.12778
1.613	0.13	0.207	0.399	0.621	0.01084	-0.17279	-1.71740	-1.48501	-56.04374	-0.97815	0.59202	0.09867
1.683	0.05	0.145	0.159	0.435	0.00759	-0.16232	-1.72613	-2.90357	-70.99610	-1.23912	0.33974	0.05662
1.717	0.03	0.120	0.096	0.36	0.00628	-0.16755	-1.75406	-5.23642	-79.18839	-1.38210	0.26411	0.04402
1.752	0.03	0.098	0.093	0.294	0.00513	-0.18326	-1.81165	-4.93508	-78.54520	-1.37087	0.21762	0.03627
1.822	0.05	0.062	0.156	0.186	0.00325	-0.29845	-3.00895	-2.81269	-70.42810	-1.22920	0.06664	0.01111
1.857	0.06	0.048	0.186	0.144	0.00251	-0.90234	1.78896	-0.52525	-27.71062	-0.48364	0.10600	0.01767
1.892	0.07	0.037	0.204	0.111	0.00194	-2.99498	1.58301	-0.22947	-12.92390	-0.22556	0.20801	0.03467
1.927	0.07	0.028	0.219	0.084	0.00147	3.11890	1.48353	-0.29224	-16.29030	-0.28432	0.22286	0.03714
1.997	0.08	0.018	0.228	0.054	0.00094	3.01767	1.30027	-0.29568	-16.47197	-0.28749	0.22559	0.03760
2.032	0.08	0.016	0.225	0.048	0.00084	2.98102	1.15017	-0.31685	-17.58084	-0.30684	0.21885	0.03647
2.067	0.07	0.017	0.222	0.051	0.00089	2.93913	0.83252	-0.36407	-20.00480	-0.34915	0.20631	0.03439
2.102	0.07	0.018	0.213	0.054	0.00094	2.88852	-0.09948	-0.29328	-16.34557	-0.28528	0.17640	0.02940
2.137	0.07	0.019	0.204	0.057	0.00099	2.82045	-1.10828	-0.16648	-9.45192	-0.16497	0.17850	0.02975
2.171	0.06	0.020	0.192	0.06	0.00105	2.70701	-1.47829	-0.23339	-13.13702	-0.22928	0.17492	0.02915

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^2$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^4$ *Sr( $\omega$ )*SM
Sudut fase gerak relatif								RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-4.19301	-76.58598	-1.33668	0.00118	1	5.84257	0.97376	0.948	0.001117628	0.00112	0.00045	0.00018	0.00003
-3.61855	-74.55165	-1.30117	0.04947	4	6.04280	1.00713	1.014	0.050175987	0.20070	0.08911	0.03957	0.00780
-3.32653	-73.26852	-1.27878	0.17269	2	6.14257	1.02376	1.048	0.180991877	0.36198	0.16905	0.07894	0.01722
-2.79698	-70.32657	-1.22743	0.83670	4	6.32787	1.05464	1.112	0.930636967	3.72255	1.90222	0.97204	0.25382
-2.55274	-68.60793	-1.19743	1.39908	2	6.41728	1.06955	1.144	1.600446795	3.20089	1.70608	0.90934	0.25833
-2.31534	-66.64040	-1.16309	2.09076	4	6.50408	1.08401	1.175	2.456815987	9.82726	5.46396	3.03796	0.93914
-2.11081	-64.65070	-1.12837	2.77731	2	6.57928	1.09655	1.202	3.33947754	6.67896	3.86044	2.23133	0.74545
-1.91690	-62.45005	-1.08996	3.41817	4	6.65000	1.10833	1.228	4.198887233	16.79555	10.07733	6.04640	2.17670
-1.66435	-59.00113	-1.02976	4.22411	2	6.70747	1.11791	1.250	5.27897308	10.55795	6.70430	4.25723	1.71662
-1.43150	-55.06306	-0.96103	4.69544	4	6.73286	1.12214	1.259	5.912521156	23.65008	15.84556	10.61652	4.76576
-1.00474	-45.13538	-0.78776	4.74727	2	6.64429	1.10738	1.226	5.82154779	11.64310	8.61589	6.37576	3.49137
-0.57623	-29.95182	-0.52276	4.11779	4	6.21016	1.03503	1.071	4.411296948	17.64519	14.29260	11.57701	7.59567
-0.32571	-18.04089	-0.31487	3.72578	2	5.74835	0.95806	0.918	3.419803282	6.83961	5.77263	4.87210	3.47057
-0.00498	-0.28538	-0.00498	3.31724	4	5.07026	0.84504	0.714	2.368836254	9.47535	8.32883	7.32104	5.65654
0.44257	23.87284	0.41666	2.92617	2	4.49145	0.74858	0.560	1.639721952	3.27944	2.99741	2.73963	2.28868
-0.08905	-5.08901	-0.08882	2.56509	4	4.47484	0.74581	0.556	1.426775624	5.70710	5.41604	5.13982	4.62893
0.33268	18.40149	0.32117	1.95098	2	4.97309	0.82885	0.687	1.340301832	2.68060	2.73154	2.78343	2.89021
0.62627	32.05761	0.55951	1.69788	4	4.92601	0.82100	0.674	1.144441895	4.57777	4.82497	5.08552	5.64958
1.82589	61.29147	1.06974	1.28692	2	4.90595	0.81766	0.669	0.860391973	1.72078	1.93416	2.17400	2.74658
12.30535	85.35404	1.48971	0.98059	4	5.53619	0.92270	0.851	0.834850116	3.33940	3.98724	4.76077	6.78712
11.16124	84.88021	1.48144	0.85857	2	4.96586	0.82764	0.685	0.588113173	1.17623	1.44558	1.77662	2.68348
-41.08687	-88.60577	-1.54646	0.66540	4	5.26905	0.87818	0.771	0.513147941	2.05259	2.66426	3.45821	5.82641
-6.99880	-81.86852	-1.42888	0.58696	2	5.30518	0.88420	0.782	0.458890425	0.91778	1.22340	1.63079	2.89774
-3.24547	-72.87477	-1.27190	0.51917	4	5.14943	0.85824	0.737	0.382403631	1.52961	2.09251	2.86256	5.35706
-1.82387	-61.26473	-1.06927	0.46043	2	4.82029	0.80338	0.645	0.297171501	0.59434	0.83386	1.16991	2.30286
-1.03430	-45.96592	-0.80226	0.40942	4	3.94938	0.65823	0.433	0.17738636	0.70955	1.02033	1.46723	3.03400
-0.15826	-8.99328	-0.15696	0.32618	2	3.72823	0.62137	0.386	0.125939057	0.25188	0.37983	0.57279	1.30255
-0.09200	-5.25627	-0.09174	0.29219	4	3.92331	0.65388	0.428	0.124929594	0.49972	0.77107	1.18975	2.83262
0.34465	19.01675	0.33190	0.26233	2	3.74852	0.62475	0.390	0.10239071	0.20478	0.32315	0.50992	1.26975
1.09743	47.65961	0.83182	0.23602	4	3.58283	0.59714	0.357	0.084159191	0.33664	0.54300	0.87585	2.27876
-2.45493	-67.83681	-1.18398	0.19221	2	2.66026	0.44338	0.197	0.037785932	0.07557	0.12719	0.21406	0.60631
-0.78942	-38.28839	-0.66826	0.17445	4	2.73637	0.45606	0.208	0.03628337	0.14513	0.24919	0.42787	1.26139
-0.17230	-9.77601	-0.17062	0.15815	2	2.78292	0.46382	0.215	0.034022572	0.06805	0.11922	0.20886	0.64111
1.00233	45.06655	0.78656	0.13066	4	2.93338	0.48890	0.239	0.031229263	0.12492	0.22760	0.41469	1.37662
3.87229	75.52001	1.31807	0.11905	2	2.89406	0.48234	0.233	0.027697878	0.05540	0.10287	0.19103	0.65876
-3.23396	-72.81741	-1.27090	0.10865	4	3.20766	0.53461	0.286	0.031052955	0.12421	0.23501	0.44464	1.59165
-0.95056	-43.54792	-0.76005	0.09931	2	3.22274	0.53712	0.289	0.028650898	0.05730	0.11042	0.21278	0.79012
0.27607	15.43342	0.26936	0.08334	4	3.22542	0.53757	0.289	0.024083496	0.09633	0.19238	0.38418	1.53212
1.05019	46.40225	0.80987	0.07651	2	3.21841	0.53640	0.288	0.022013439	0.04403	0.08946	0.18179	0.75061
5.28394	79.28336	1.38376	0.07033	4	3.20587	0.53431	0.285	0.020079348	0.08032	0.16602	0.34316	1.46613
-2.22600	-65.80862	-1.14858	0.06474	2	2.82379	0.47063	0.221	0.014340278	0.02868	0.06029	0.12672	0.55991
-0.58483	-30.32059	-0.52919	0.05967	4	2.82154	0.47026	0.221	0.013196526	0.05279	0.11280	0.24106	1.10087
0.09941	5.67718	0.09909	0.05520	1	2.82511	0.47085	0.222	0.012237444	0.01224	0.02657	0.05768	0.27185
								$\Sigma =$	151.14346	117.83579	99.98073	98.47882
								$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 3$	$\Sigma 4$

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

## Hs 4 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Σz	ΣΘ	Tg Θb	Σb	Σb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	Sudut fase gerakan vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.400	1.01	0.887	2.016	1.774	0.03096	0.00349	-1.65981	-0.63330	-32.34594	-0.56454	2.25790	0.56447
0.444	1.01	0.887	2.018	1.774	0.03096	0.00349	-1.66155	-0.63323	-32.34333	-0.56450	2.25769	0.56442
0.467	1.01	0.887	2.018	1.774	0.03096	0.00349	-1.66504	-0.63444	-32.39255	-0.56536	2.25390	0.56347
0.511	1.01	0.889	2.022	1.778	0.03103	0.00349	-1.67901	-0.63941	-32.59530	-0.56890	2.24326	0.56082
0.533	1.01	0.890	2.024	1.78	0.03107	0.00349	-1.68948	-0.64307	-32.74371	-0.57149	2.23405	0.55851
0.556	1.02	0.893	2.03	1.786	0.03117	0.00175	-1.70868	-0.65171	-33.09276	-0.57758	2.22156	0.55539
0.578	1.02	0.895	2.036	1.79	0.03124	0.00175	-1.72962	-0.65815	-33.35094	-0.58208	2.20433	0.55108
0.600	1.02	0.898	2.044	1.796	0.03135	0.00000	-1.75231	-0.66706	-33.70558	-0.58827	2.18903	0.54726
0.635	1.03	0.902	2.064	1.804	0.03149	-0.00524	-1.80816	-0.68644	-34.46738	-0.60157	2.14964	0.53741
0.670	1.04	0.903	2.08	1.806	0.03152	-0.00873	-1.83958	-0.69451	-34.78028	-0.60703	2.13080	0.53270
0.740	1.05	0.905	2.098	1.81	0.03159	-0.01222	-1.87448	-0.70313	-35.11203	-0.61282	2.10951	0.52738
0.810	1.06	0.905	2.12	1.81	0.03159	-0.01920	-1.91288	-0.71280	-35.48122	-0.61926	2.09023	0.52256
0.844	1.08	0.904	2.15	1.808	0.03156	-0.02793	-1.95302	-0.72005	-35.75591	-0.62406	2.07690	0.51922
0.879	1.09	0.903	2.184	1.806	0.03152	-0.04189	-1.99840	-0.73275	-36.23217	-0.63237	2.06671	0.51668
0.914	1.11	0.900	2.226	1.8	0.03142	-0.05934	-2.04727	-0.74465	-36.67339	-0.64007	2.06267	0.51567
0.949	1.17	0.888	2.338	1.776	0.03100	-0.11868	-2.15897	-0.78646	-38.18352	-0.66643	2.09142	0.52286
1.019	1.20	0.878	2.404	1.756	0.03065	-0.16406	-2.22355	-0.82520	-39.52934	-0.68992	2.12407	0.53102
1.054	1.27	0.847	2.532	1.694	0.02957	-0.30543	-2.37365	-0.99603	-44.88597	-0.78341	2.22559	0.55640
1.124	1.29	0.823	2.574	1.646	0.02873	-0.40666	-2.45917	-1.16579	-49.37732	-0.86180	2.28189	0.57047
1.194	1.29	0.791	2.58	1.582	0.02761	-0.52883	-2.55167	-1.44072	-55.23553	-0.96404	2.32119	0.58030
1.229	1.21	0.705	2.414	1.41	0.02461	-0.83601	-2.75238	-2.99317	-71.52582	-1.24836	2.27636	0.56909
1.298	1.11	0.653	2.228	1.306	0.02279	-1.00880	-2.85536	-6.56695	-81.34165	-1.41968	2.16354	0.54089
1.333	1.00	0.597	1.992	1.194	0.02084	-1.18508	-2.95659	34.65511	88.34714	1.54195	1.99751	0.49938
1.368	0.73	0.483	1.454	0.966	0.01686	-1.52891	3.12414	2.38878	67.28469	1.17434	1.56231	0.39058
1.403	0.60	0.428	1.196	0.856	0.01494	-1.69471	3.02466	1.52660	56.77325	0.99088	1.33669	0.33417
1.438	0.38	0.328	0.762	0.656	0.01145	-2.02458	2.82394	0.71335	35.50226	0.61963	0.93672	0.23418
1.508	0.30	0.283	0.592	0.566	0.00988	-2.19737	2.72446	0.45785	24.60071	0.42936	0.77315	0.19329
1.543	0.17	0.205	0.342	0.41	0.00716	-2.60229	2.51851	0.02126	1.21799	0.02126	0.52254	0.13063
1.578	0.13	0.173	0.26	0.346	0.00604	-2.85885	2.41379	-0.20065	-11.34550	-0.19802	0.43584	0.10896
1.613	0.10	0.145	0.202	0.29	0.00506	3.12065	2.30383	-0.45448	-24.44073	-0.42657	0.36841	0.09210
1.683	0.08	0.121	0.168	0.242	0.00422	2.77682	2.18864	-0.77199	-37.66768	-0.65743	0.32006	0.08001
1.717	0.07	0.083	0.146	0.166	0.00290	2.13628	1.93208	-1.94007	-62.73137	-1.09487	0.25882	0.06470
1.752	0.07	0.069	0.146	0.138	0.00241	1.89717	1.78722	-3.43780	-73.78113	-1.28772	0.24055	0.06014
1.822	0.07	0.058	0.146	0.116	0.00202	1.70868	1.62839	-9.09418	-83.72494	-1.46128	0.22560	0.05640
1.857	0.07	0.049	0.146	0.098	0.00171	1.56032	1.45735	23.25355	87.53756	1.52782	0.21315	0.05329
1.892	0.07	0.042	0.144	0.084	0.00147	1.43990	1.27409	5.54889	79.78403	1.39249	0.20120	0.05030
1.927	0.07	0.037	0.142	0.074	0.00129	1.33867	1.08385	3.24306	72.86283	1.27170	0.19167	0.04792
1.997	0.07	0.033	0.136	0.066	0.00115	1.25140	0.89535	2.31489	66.63631	1.16302	0.17924	0.04481
2.032	0.07	0.031	0.13	0.062	0.00108	1.17635	0.71558	1.80176	60.96918	1.06411	0.16925	0.04231
2.067	0.06	0.029	0.122	0.058	0.00101	1.10654	0.54803	1.46461	55.67572	0.97172	0.15725	0.03931
2.102	0.06	0.027	0.114	0.054	0.00094	1.04196	0.39619	1.22865	50.85778	0.88764	0.14538	0.03635
2.137	0.05	0.026	0.106	0.052	0.00091	0.98088	0.26180	1.04098	46.15031	0.80547	0.13498	0.03374
2.171	0.05	0.025	0.098	0.05	0.00087	0.91979	0.14137	0.88627	41.54947	0.72518	0.12484	0.03121

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)ja	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)ja	RAO (Zbr) <sup>2</sup>	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^2$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^4$ *Sr( $\omega$ )*SM
Sudut fase gerak relatif	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	RAO (Zbr) <sup>2</sup> * S( $\omega$ )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-7.85255	-82.74261	-1.44413	0.00052	1	3.68156	0.92039	0.847	0.000443764	0.00044	0.00018	0.00007	0.00001
-5.23863	-79.19285	-1.38218	0.02199	4	3.77090	0.94272	0.889	0.019539295	0.07816	0.03470	0.01541	0.00304
-4.40691	-77.21514	-1.34766	0.07675	2	3.81524	0.95381	0.910	0.069823682	0.13965	0.06522	0.03046	0.00664
-3.29597	-73.12215	-1.27622	0.37187	4	3.89563	0.97391	0.948	0.352712586	1.41085	0.72094	0.36840	0.09620
-2.89428	-70.93950	-1.23813	0.62181	2	3.93103	0.98276	0.966	0.600555147	1.20111	0.64019	0.34122	0.09694
-2.55685	-68.63925	-1.19798	0.92923	4	3.96488	0.99122	0.983	0.912980029	3.65192	2.03047	1.12894	0.34900
-2.27757	-66.29543	-1.15707	1.23436	2	3.98961	0.99740	0.995	1.227954032	2.45591	1.41951	0.82048	0.27411
-2.03528	-63.83361	-1.11411	1.51919	4	4.01351	1.00338	1.007	1.529464508	6.11786	3.67071	2.20243	0.79287
-1.71920	-59.81483	-1.04397	1.87738	2	4.03177	1.00794	1.016	1.907322319	3.81464	2.42230	1.53816	0.62022
-1.43055	-55.04531	-0.96072	2.08686	4	4.05734	1.01433	1.029	2.147116268	8.58847	5.75427	3.85536	1.73067
-0.97572	-44.29602	-0.77311	2.10990	2	4.09483	1.02371	1.048	2.211122487	4.42224	3.27246	2.42162	1.32608
-0.63271	-32.32187	-0.56412	1.83013	4	4.08853	1.02213	1.045	1.912035188	7.64814	6.19499	5.01795	3.29227
-0.49000	-26.10484	-0.45562	1.65590	2	4.06131	1.01533	1.031	1.70705312	3.41411	2.88151	2.43199	1.73239
-0.35421	-19.50458	-0.34042	1.47433	4	4.02046	1.00511	1.010	1.489446881	5.95779	5.23690	4.60323	3.55664
-0.22387	-12.61900	-0.22024	1.30052	2	3.96748	0.99187	0.984	1.27945499	2.55891	2.33884	2.13770	1.78583
-0.11026	-6.29199	-0.10982	1.14004	4	3.91755	0.97939	0.959	1.093523688	4.37409	4.15102	3.93931	3.54775
0.13537	7.70911	0.13455	0.86710	2	3.71905	0.92976	0.864	0.749573591	1.49915	1.52763	1.55666	1.61637
0.17702	10.03849	0.17520	0.75461	4	3.55393	0.88848	0.789	0.595691243	2.38276	2.51143	2.64705	2.94065
0.17816	10.10160	0.17631	0.57197	2	2.74305	0.68576	0.470	0.26897893	0.53796	0.60466	0.67964	0.85864
2.27149	66.23903	1.15609	0.43582	4	3.27234	0.81808	0.669	0.291677588	1.16671	1.39305	1.66330	2.37127
1.40346	54.52916	0.95171	0.38159	2	2.36996	0.59249	0.351	0.133953913	0.26791	0.32926	0.40466	0.61121
2.12359	64.78426	1.13070	0.29573	4	1.33296	0.33324	0.111	0.032840528	0.13136	0.17051	0.22132	0.37288
-0.38949	-21.28027	-0.37141	0.26087	2	2.29784	0.57446	0.330	0.086089202	0.17218	0.22951	0.30594	0.54362
7.49813	82.40348	1.43821	0.23074	4	0.56802	0.14201	0.020	0.00465304	0.01861	0.02546	0.03483	0.06518
-1.05174	-46.44467	-0.81061	0.20464	2	3.13799	0.78450	0.615	0.125940317	0.25188	0.35339	0.49580	0.97595
-0.76838	-37.53789	-0.65516	0.18196	4	2.86833	0.71708	0.514	0.093566047	0.37426	0.53819	0.77392	1.60035
-0.09654	-5.51398	-0.09624	0.14497	2	2.76254	0.69064	0.477	0.069146966	0.13829	0.20855	0.31449	0.71517
0.11389	6.49768	0.11341	0.12986	4	2.52242	0.63060	0.398	0.051640855	0.20656	0.31873	0.49180	1.17089
0.47704	25.50288	0.44511	0.11659	2	2.43277	0.60819	0.370	0.043126331	0.08625	0.13611	0.21478	0.53481
1.13294	48.56657	0.84765	0.10490	4	2.36354	0.59088	0.349	0.036624681	0.14650	0.23630	0.38116	0.99168
-3.39342	-73.58041	-1.28422	0.08543	2	1.68162	0.42041	0.177	0.015098668	0.03020	0.05082	0.08553	0.24227
-0.79700	-38.55476	-0.67291	0.07753	4	1.74160	0.43540	0.190	0.014697881	0.05879	0.10095	0.17332	0.51097
-0.12850	-7.32253	-0.12780	0.07029	2	1.76112	0.44028	0.194	0.013625194	0.02725	0.04774	0.08365	0.25675
1.13805	48.69445	0.84988	0.05807	4	1.77528	0.44382	0.197	0.011438261	0.04575	0.08336	0.15189	0.50421
3.06004	71.90298	1.25494	0.05291	2	1.78695	0.44674	0.200	0.010559833	0.02112	0.03922	0.07283	0.25115
-3.41539	-73.68039	-1.28597	0.04829	4	2.20101	0.55025	0.303	0.014620776	0.05848	0.11065	0.20935	0.74940
-0.85252	-40.44829	-0.70596	0.04414	2	2.19099	0.54775	0.300	0.01324254	0.02649	0.05104	0.09835	0.36520
0.39113	21.36177	0.37283	0.03704	4	2.17890	0.54473	0.297	0.010990647	0.04396	0.08779	0.17532	0.69919
1.23492	51.00051	0.89013	0.03400	2	2.16924	0.54231	0.294	0.010000434	0.02000	0.04064	0.08258	0.34099
6.48297	81.23122	1.41775	0.03126	4	2.15717	0.53929	0.291	0.009091309	0.03637	0.07517	0.15537	0.66382
-2.34838	-66.93449	-1.16823	0.02877	2	1.85494	0.46374	0.215	0.006188024	0.01238	0.02601	0.05468	0.24161
-0.64706	-32.90528	-0.57431	0.02652	4	1.86534	0.46634	0.217	0.005767728	0.02307	0.04930	0.10536	0.48115
0.04083	2.33825	0.04081	0.02453	1	1.87527	0.46882	0.220	0.005391931	0.00539	0.01171	0.02541	0.11978
								$\Sigma =$	63.62393	50.19141	42.51173	40.00585
									$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

# Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

Hs 5 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	εz	εΘ	Tg Εb	Εb	Εb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.400	1.01	0.887	2.52	2.2175	0.03870	0.00349	-1.65981	-0.63330	-32.34594	-0.56454	2.82237	0.56447
0.444	1.01	0.887	2.5225	2.2175	0.03870	0.00349	-1.66155	-0.63323	-32.34333	-0.56450	2.82211	0.56442
0.467	1.01	0.887	2.5225	2.2175	0.03870	0.00349	-1.66504	-0.63444	-32.39255	-0.56536	2.81737	0.56347
0.511	1.01	0.889	2.5275	2.2225	0.03879	0.00349	-1.67901	-0.63941	-32.59530	-0.56890	2.80408	0.56082
0.533	1.01	0.890	2.53	2.225	0.03883	0.00349	-1.68948	-0.64307	-32.74371	-0.57149	2.79256	0.55851
0.556	1.02	0.893	2.5375	2.2325	0.03896	0.00175	-1.70868	-0.65171	-33.09276	-0.57758	2.77695	0.55539
0.578	1.02	0.895	2.545	2.2375	0.03905	0.00175	-1.72962	-0.65815	-33.35094	-0.58208	2.75541	0.55108
0.600	1.02	0.898	2.555	2.245	0.03918	0.00000	-1.75231	-0.66706	-33.70558	-0.58827	2.73628	0.54726
0.635	1.03	0.902	2.58	2.255	0.03936	-0.00524	-1.80816	-0.68644	-34.46738	-0.60157	2.68705	0.53741
0.670	1.04	0.903	2.6	2.2575	0.03940	-0.00873	-1.83958	-0.69451	-34.78028	-0.60703	2.66350	0.53270
0.740	1.05	0.905	2.6225	2.2625	0.03949	-0.01222	-1.87448	-0.70313	-35.11203	-0.61282	2.63688	0.52738
0.810	1.06	0.905	2.65	2.2625	0.03949	-0.01920	-1.91288	-0.71280	-35.48122	-0.61926	2.61278	0.52256
0.844	1.08	0.904	2.6875	2.26	0.03944	-0.02793	-1.95302	-0.72005	-35.75591	-0.62406	2.59612	0.51922
0.879	1.09	0.903	2.73	2.2575	0.03940	-0.04189	-1.99840	-0.73275	-36.23217	-0.63237	2.58339	0.51668
0.914	1.11	0.900	2.7825	2.25	0.03927	-0.05934	-2.04727	-0.74465	-36.67339	-0.64007	2.57834	0.51567
0.949	1.17	0.888	2.9225	2.22	0.03875	-0.11868	-2.15897	-0.78646	-38.18352	-0.66643	2.61428	0.52286
1.019	1.20	0.878	3.005	2.195	0.03831	-0.16406	-2.22355	-0.82520	-39.52934	-0.68992	2.65509	0.53102
1.054	1.27	0.847	3.165	2.1175	0.03696	-0.30543	-2.37365	-0.99603	-44.88597	-0.78341	2.78198	0.55640
1.124	1.29	0.823	3.2175	2.0575	0.03591	-0.40666	-2.45917	-1.16579	-49.37732	-0.86180	2.85237	0.57047
1.194	1.29	0.791	3.225	1.9775	0.03451	-0.52883	-2.55167	-1.44072	-55.23553	-0.96404	2.90148	0.58030
1.229	1.21	0.705	3.0175	1.7625	0.03076	-0.83601	-2.75238	-2.99317	-71.52582	-1.24836	2.84545	0.56909
1.298	1.11	0.653	2.785	1.6325	0.02849	-1.00880	-2.85536	-6.56695	-81.34165	-1.41968	2.70443	0.54089
1.333	1.00	0.597	2.49	1.4925	0.02605	-1.18508	-2.95659	34.65511	88.34714	1.54195	2.49689	0.49938
1.368	0.73	0.483	1.8175	1.2075	0.02107	-1.52891	3.12414	2.38878	67.28469	1.17434	1.95289	0.39058
1.403	0.60	0.428	1.495	1.07	0.01868	-1.69471	3.02466	1.52660	56.77325	0.99088	1.67086	0.33417
1.438	0.38	0.328	0.9525	0.82	0.01431	-2.02458	2.82394	0.71335	35.50226	0.61963	1.17090	0.23418
1.508	0.30	0.283	0.74	0.7075	0.01235	-2.19737	2.72446	0.45785	24.60071	0.42936	0.96644	0.19329
1.543	0.17	0.205	0.4275	0.5125	0.00894	-2.60229	2.51851	0.02126	1.21799	0.02126	0.65317	0.13063
1.578	0.13	0.173	0.325	0.4325	0.00755	-2.85885	2.41379	-0.20065	-11.34550	-0.19802	0.54480	0.10896
1.613	0.10	0.145	0.2525	0.3625	0.00633	3.12065	2.30383	-0.45448	-24.44073	-0.42657	0.46051	0.09210
1.683	0.08	0.121	0.21	0.3025	0.00528	2.77682	2.18864	-0.77199	-37.66768	-0.65743	0.40007	0.08001
1.717	0.07	0.083	0.1825	0.2075	0.00362	2.13628	1.93208	-1.94007	-62.73137	-1.09487	0.32352	0.06470
1.752	0.07	0.069	0.1825	0.1725	0.00301	1.89717	1.78722	-3.43780	-73.78113	-1.28772	0.30069	0.06014
1.822	0.07	0.058	0.1825	0.145	0.00253	1.70868	1.62839	-9.09418	-83.72494	-1.46128	0.28200	0.05640
1.857	0.07	0.049	0.1825	0.1225	0.00214	1.56032	1.45735	23.25355	87.53756	1.52782	0.26643	0.05329
1.892	0.07	0.042	0.18	0.105	0.00183	1.43990	1.27409	5.54889	79.78403	1.39249	0.25150	0.05030
1.927	0.07	0.037	0.1775	0.0925	0.00161	1.33867	1.08385	3.24306	72.86283	1.27170	0.23959	0.04792
1.997	0.07	0.033	0.17	0.0825	0.00144	1.25140	0.89535	2.31489	66.63631	1.16302	0.22405	0.04481
2.032	0.07	0.031	0.1625	0.0775	0.00135	1.17635	0.71558	1.80176	60.96918	1.06411	0.21157	0.04231
2.067	0.06	0.029	0.1525	0.0725	0.00127	1.10654	0.54803	1.46461	55.67572	0.97172	0.19656	0.03931
2.102	0.06	0.027	0.1425	0.0675	0.00118	1.04196	0.39619	1.22865	50.85778	0.88764	0.18173	0.03635
2.137	0.05	0.026	0.1325	0.065	0.00113	0.98088	0.26180	1.04098	46.15031	0.80547	0.16872	0.03374
2.171	0.05	0.025	0.1225	0.0625	0.00109	0.91979	0.14137	0.88627	41.54947	0.72518	0.15605	0.03121

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr) <sup>2</sup>	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^2$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^4$ *Sr( $\omega$ )*SM
Sudut fase gerak relatif								RAO (Zbr) <sup>2</sup> * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )		(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-7.85255	-82.74261	-1.44413	0.00082	1	4.60195	0.92039	0.847	0.000693382	0.00069	0.00028	0.00011	0.00002
-5.23863	-79.19285	-1.38218	0.03435	4	4.71362	0.94272	0.889	0.030530148	0.12212	0.05422	0.02407	0.00475
-4.40691	-77.21514	-1.34766	0.11992	2	4.76905	0.95381	0.910	0.109099503	0.21820	0.10190	0.04759	0.01038
-3.29597	-73.12215	-1.27622	0.58104	4	4.86954	0.97391	0.948	0.551113415	2.20445	1.12648	0.57563	0.15031
-2.89428	-70.93950	-1.23813	0.97158	2	4.91379	0.98276	0.966	0.938367418	1.87673	1.00030	0.53316	0.15146
-2.55685	-68.63925	-1.19798	1.45192	4	4.95610	0.99122	0.983	1.426531295	5.70613	3.17261	1.76397	0.54531
-2.27757	-66.29543	-1.15707	1.92869	2	4.98701	0.99740	0.995	1.918678175	3.83736	2.21799	1.28200	0.42830
-2.03528	-63.83361	-1.11411	2.37373	4	5.01688	1.00338	1.007	2.389788294	9.55915	5.73549	3.44130	1.23887
-1.71920	-59.81483	-1.04397	2.93341	2	5.03971	1.00794	1.016	2.980191123	5.96038	3.78484	2.40338	0.96910
-1.43055	-55.04531	-0.96072	3.26072	4	5.07167	1.01433	1.029	3.35486917	13.41948	8.99105	6.02400	2.70417
-0.97572	-44.29602	-0.77311	3.29671	2	5.11854	1.02371	1.048	3.454878887	6.90976	5.11322	3.78378	2.07200
-0.63271	-32.32187	-0.56412	2.85957	4	5.11066	1.02213	1.045	2.987554982	11.95022	9.67968	7.84054	5.14418
-0.49000	-26.10484	-0.45562	2.58735	2	5.07664	1.01533	1.031	2.667270501	5.33454	4.50235	3.79999	2.70687
-0.35421	-19.50458	-0.34042	2.30364	4	5.02557	1.00511	1.010	2.327260751	9.30904	8.18265	7.19255	5.55726
-0.22387	-12.61900	-0.22024	2.03206	2	4.95934	0.99187	0.984	1.999148422	3.99830	3.65444	3.34016	2.79036
-0.11026	-6.29199	-0.10982	1.78131	4	4.89693	0.97939	0.959	1.708630763	6.83452	6.48596	6.15518	5.54336
0.13537	7.70911	0.13455	1.35485	2	4.64881	0.92976	0.864	1.171208736	2.34242	2.38692	2.43227	2.52558
0.17702	10.03849	0.17520	1.17908	4	4.44241	0.88848	0.789	0.930767567	3.72307	3.92412	4.13602	4.59477
0.17816	10.10160	0.17631	0.89370	2	3.42882	0.68576	0.470	0.420279578	0.84056	0.94479	1.06194	1.34163
2.27149	66.23903	1.15609	0.68097	4	4.09042	0.81808	0.669	0.455746231	1.82298	2.17664	2.59891	3.70510
1.40346	54.52916	0.95171	0.59623	2	2.96246	0.59249	0.351	0.209302989	0.41861	0.51447	0.63228	0.95502
2.12359	64.78426	1.13070	0.46208	4	1.66620	0.33324	0.111	0.051313325	0.20525	0.26642	0.34581	0.58262
-0.38949	-21.28027	-0.37141	0.40761	2	2.87230	0.57446	0.330	0.134514377	0.26903	0.35862	0.47803	0.84941
7.49813	82.40348	1.43821	0.36053	4	0.71003	0.14201	0.020	0.007270375	0.02908	0.03978	0.05442	0.10185
-1.05174	-46.44467	-0.81061	0.31974	2	3.92249	0.78450	0.615	0.196781746	0.39356	0.55217	0.77469	1.52491
-0.76838	-37.53789	-0.65516	0.28432	4	3.58541	0.71708	0.514	0.146196949	0.58479	0.84092	1.20925	2.50054
-0.09654	-5.51398	-0.09624	0.22651	2	3.45318	0.69064	0.477	0.108042135	0.21608	0.32586	0.49139	1.11745
0.11389	6.49768	0.11341	0.20291	4	3.15302	0.63060	0.398	0.080688836	0.32276	0.49801	0.76843	1.82952
0.47704	25.50288	0.44511	0.18217	2	3.04096	0.60819	0.370	0.067384893	0.13477	0.21267	0.33559	0.83564
1.13294	48.56657	0.84765	0.16390	4	2.95442	0.59088	0.349	0.057226064	0.22890	0.36922	0.59556	1.54950
-3.39342	-73.58041	-1.28422	0.13348	2	2.10203	0.42041	0.177	0.023591668	0.04718	0.07941	0.13365	0.37855
-0.79700	-38.55476	-0.67291	0.12114	4	2.17700	0.43540	0.190	0.022965439	0.09186	0.15773	0.27082	0.79839
-0.12850	-7.32253	-0.12780	0.10983	2	2.20140	0.44028	0.194	0.021289365	0.04258	0.07460	0.13070	0.40117
1.13805	48.69445	0.84988	0.09073	4	2.21910	0.44382	0.197	0.017872283	0.07149	0.13025	0.23732	0.78783
3.06004	71.90298	1.25494	0.08267	2	2.23369	0.44674	0.200	0.016499739	0.03300	0.06128	0.11380	0.39242
-3.41539	-73.68039	-1.28597	0.07545	4	2.75127	0.55025	0.303	0.022844963	0.09138	0.17289	0.32711	1.17094
-0.85252	-40.44829	-0.70596	0.06897	2	2.73874	0.54775	0.300	0.020691468	0.04138	0.07974	0.15367	0.57062
0.39113	21.36177	0.37283	0.05787	4	2.72363	0.54473	0.297	0.017172886	0.06869	0.13718	0.27394	1.09249
1.23492	51.00051	0.89013	0.05313	2	2.71155	0.54231	0.294	0.015625678	0.03125	0.06350	0.12904	0.53280
6.48297	81.23122	1.41775	0.04884	4	2.69646	0.53929	0.291	0.01420517	0.05682	0.11745	0.24277	1.03721
-2.34838	-66.93449	-1.16823	0.04496	2	2.31868	0.46374	0.215	0.009668788	0.01934	0.04065	0.08544	0.37751
-0.64706	-32.90528	-0.57431	0.04144	4	2.33168	0.46634	0.217	0.009012075	0.03605	0.07704	0.16462	0.75180
0.04083	2.33825	0.04081	0.03833	1	2.34408	0.46882	0.220	0.008424892	0.00842	0.01829	0.03971	0.18716
								$\Sigma =$	99.41239	78.42407	66.42458	62.50914
									$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

## Hs 6 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Εz Sudut fase heave	ΕΘ Sudut fase pitch	Tg Εb Sudut fase gerakan	Εb	Εb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.400	1.01	0.887	3.024	2.661	0.04644	0.00349	-1.65981	-0.63330	-32.34594	-0.56454	3.38684	0.56447
0.444	1.01	0.887	3.027	2.661	0.04644	0.00349	-1.66155	-0.63323	-32.34333	-0.56450	3.38653	0.56442
0.467	1.01	0.887	3.027	2.661	0.04644	0.00349	-1.66504	-0.63444	-32.39255	-0.56536	3.38084	0.56347
0.511	1.01	0.889	3.033	2.667	0.04655	0.00349	-1.67901	-0.63941	-32.59530	-0.56890	3.36489	0.56082
0.533	1.01	0.890	3.036	2.67	0.04660	0.00349	-1.68948	-0.64307	-32.74371	-0.57149	3.35108	0.55851
0.556	1.02	0.893	3.045	2.679	0.04676	0.00175	-1.70868	-0.65171	-33.09276	-0.57758	3.33234	0.55539
0.578	1.02	0.895	3.054	2.685	0.04686	0.00175	-1.72962	-0.65815	-33.35094	-0.58208	3.30649	0.55108
0.600	1.02	0.898	3.066	2.694	0.04702	0.00000	-1.75231	-0.66706	-33.70558	-0.58827	3.28354	0.54726
0.635	1.03	0.902	3.096	2.706	0.04723	-0.00524	-1.80816	-0.68644	-34.46738	-0.60157	3.22446	0.53741
0.670	1.04	0.903	3.12	2.709	0.04728	-0.00873	-1.83958	-0.69451	-34.78028	-0.60703	3.19620	0.53270
0.740	1.05	0.905	3.147	2.715	0.04739	-0.01222	-1.87448	-0.70313	-35.11203	-0.61282	3.16426	0.52738
0.810	1.06	0.905	3.18	2.715	0.04739	-0.01920	-1.91288	-0.71280	-35.48122	-0.61926	3.13534	0.52256
0.844	1.08	0.904	3.225	2.712	0.04733	-0.02793	-1.95302	-0.72005	-35.75591	-0.62406	3.11535	0.51922
0.879	1.09	0.903	3.276	2.709	0.04728	-0.04189	-1.99840	-0.73275	-36.23217	-0.63237	3.10007	0.51668
0.914	1.11	0.900	3.339	2.7	0.04712	-0.05934	-2.04727	-0.74465	-36.67339	-0.64007	3.09401	0.51567
0.949	1.17	0.888	3.507	2.664	0.04650	-0.11868	-2.15897	-0.78646	-38.18352	-0.66643	3.13713	0.52286
1.019	1.20	0.878	3.606	2.634	0.04597	-0.16406	-2.22355	-0.82520	-39.52934	-0.68992	3.18611	0.53102
1.054	1.27	0.847	3.798	2.541	0.04435	-0.30543	-2.37365	-0.99603	-44.88597	-0.78341	3.33838	0.55640
1.124	1.29	0.823	3.861	2.469	0.04309	-0.40666	-2.45917	-1.16579	-49.37732	-0.86180	3.42284	0.57047
1.194	1.29	0.791	3.87	2.373	0.04142	-0.52883	-2.55167	-1.44072	-55.23553	-0.96404	3.48178	0.58030
1.229	1.21	0.705	3.621	2.115	0.03691	-0.83601	-2.75238	-2.99317	-71.52582	-1.24836	3.41454	0.56909
1.298	1.11	0.653	3.342	1.959	0.03419	-1.00880	-2.85536	-6.56695	-81.34165	-1.41968	3.24531	0.54089
1.333	1.00	0.597	2.988	1.791	0.03126	-1.18508	-2.95659	34.65511	88.34714	1.54195	2.99627	0.49938
1.368	0.73	0.483	2.181	1.449	0.02529	-1.52891	3.12414	2.38878	67.28469	1.17434	2.34347	0.39058
1.403	0.60	0.428	1.794	1.284	0.02241	-1.69471	3.02466	1.52660	56.77325	0.99088	2.00503	0.33417
1.438	0.38	0.328	1.143	0.984	0.01717	-2.02458	2.82394	0.71335	35.50226	0.61963	1.40508	0.23418
1.508	0.30	0.283	0.888	0.849	0.01482	-2.19737	2.72446	0.45785	24.60071	0.42936	1.15973	0.19329
1.543	0.17	0.205	0.513	0.615	0.01073	-2.60229	2.51851	0.02126	1.21799	0.02126	0.78380	0.13063
1.578	0.13	0.173	0.39	0.519	0.00906	-2.85885	2.41379	-0.20065	-11.34550	-0.19802	0.65376	0.10896
1.613	0.10	0.145	0.303	0.435	0.00759	3.12065	2.30383	-0.45448	-24.44073	-0.42657	0.55261	0.09210
1.683	0.08	0.121	0.252	0.363	0.00634	2.77682	2.18864	-0.77199	-37.66768	-0.65743	0.48008	0.08001
1.717	0.07	0.083	0.219	0.249	0.00435	2.13628	1.93208	-1.94007	-62.73137	-1.09487	0.38823	0.06470
1.752	0.07	0.069	0.219	0.207	0.00361	1.89717	1.78722	-3.43780	-73.78113	-1.28772	0.36082	0.06014
1.822	0.07	0.058	0.219	0.174	0.00304	1.70868	1.62839	-9.09418	-83.72494	-1.46128	0.33840	0.05640
1.857	0.07	0.049	0.219	0.147	0.00257	1.56032	1.45735	23.25355	87.53756	1.52782	0.31972	0.05329
1.892	0.07	0.042	0.216	0.126	0.00220	1.43990	1.27409	5.54889	79.78403	1.39249	0.30180	0.05030
1.927	0.07	0.037	0.213	0.111	0.00194	1.33867	1.08385	3.24306	72.86283	1.27170	0.28751	0.04792
1.997	0.07	0.033	0.204	0.099	0.00173	1.25140	0.89535	2.31489	66.63631	1.16302	0.26886	0.04481
2.032	0.07	0.031	0.195	0.093	0.00162	1.17635	0.71558	1.80176	60.96918	1.06411	0.25388	0.04231
2.067	0.06	0.029	0.183	0.087	0.00152	1.10654	0.54803	1.46461	55.67572	0.97172	0.23588	0.03931
2.102	0.06	0.027	0.171	0.081	0.00141	1.04196	0.39619	1.22865	50.85778	0.88764	0.21808	0.03635
2.137	0.05	0.026	0.159	0.078	0.00136	0.98088	0.26180	1.04098	46.15031	0.80547	0.20246	0.03374
2.171	0.05	0.025	0.147	0.075	0.00131	0.91979	0.14137	0.88627	41.54947	0.72518	0.18726	0.03121



14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^2$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^4$ *Sr( $\omega$ )*SM
Sudut fase gerak relatif	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )		(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-7.85255	-82.74261	-1.44413	0.00118	1	5.52234	0.92039	0.847	0.00099847	0.00100	0.00040	0.00016	0.00003
-5.23863	-79.19285	-1.38218	0.04947	4	5.65635	0.94272	0.889	0.043963414	0.17585	0.07808	0.03467	0.00683
-4.40691	-77.21514	-1.34766	0.17269	2	5.72286	0.95381	0.910	0.157103285	0.31421	0.14673	0.06852	0.01494
-3.29597	-73.12215	-1.27622	0.83670	4	5.84344	0.97391	0.948	0.793603318	3.17441	1.62213	0.82891	0.21644
-2.89428	-70.93950	-1.23813	1.39908	2	5.89655	0.98276	0.966	1.351249082	2.70250	1.44043	0.76775	0.21811
-2.55685	-68.63925	-1.19798	2.09076	4	5.94732	0.99122	0.983	2.054205064	8.21682	4.56855	2.54011	0.78524
-2.27757	-66.29543	-1.15707	2.77731	2	5.98441	0.99740	0.995	2.762896571	5.52579	3.19391	1.84608	0.61675
-2.03528	-63.83361	-1.11411	3.41817	4	6.02026	1.00338	1.007	3.441295143	13.76518	8.25911	4.95547	1.78397
-1.71920	-59.81483	-1.04397	4.22411	2	6.04766	1.00794	1.016	4.291475218	8.58295	5.45017	3.46086	1.39551
-1.43055	-55.04531	-0.96072	4.69544	4	6.08600	1.01433	1.029	4.831011604	19.32405	12.94711	8.67456	3.89401
-0.97572	-44.29602	-0.77311	4.74727	2	6.14224	1.02371	1.048	4.975025597	9.95005	7.36304	5.44865	2.98368
-0.63271	-32.32187	-0.56412	4.11779	4	6.13280	1.02213	1.045	4.302079174	17.20832	13.93874	11.29038	7.40762
-0.49000	-26.10484	-0.45562	3.72578	2	6.09196	1.01533	1.031	3.840869521	7.68174	6.48339	5.47198	3.89789
-0.35421	-19.50458	-0.34042	3.31724	4	6.03068	1.00511	1.010	3.351255482	13.40502	11.78301	10.35727	8.00245
-0.22387	-12.61900	-0.22024	2.92617	2	5.95121	0.99187	0.984	2.878773728	5.75755	5.26240	4.80983	4.01811
-0.11026	-6.29199	-0.10982	2.56509	4	5.87632	0.97939	0.959	2.460428298	9.84171	9.33979	8.86346	7.98244
0.13537	7.70911	0.13455	1.95098	2	5.57857	0.92976	0.864	1.68654058	3.37308	3.43717	3.50248	3.63683
0.17702	10.03849	0.17520	1.69788	4	5.33090	0.88848	0.789	1.340305296	5.36122	5.65073	5.95587	6.61647
0.17816	10.10160	0.17631	1.28692	2	4.11458	0.68576	0.470	0.605202593	1.21041	1.36050	1.52920	1.93195
2.27149	66.23903	1.15609	0.98059	4	4.90851	0.81808	0.669	0.656274573	2.62510	3.13437	3.74243	5.33535
1.40346	54.52916	0.95171	0.85857	2	3.55495	0.59249	0.351	0.301396305	0.60279	0.74083	0.91048	1.37523
2.12359	64.78426	1.13070	0.66540	4	1.99944	0.33324	0.111	0.073891188	0.29556	0.38364	0.49797	0.83898
-0.38949	-21.28027	-0.37141	0.58696	2	3.44676	0.57446	0.330	0.193700703	0.38740	0.51641	0.68837	1.22316
7.49813	82.40348	1.43821	0.51917	4	0.85204	0.14201	0.020	0.010469341	0.04188	0.05729	0.07837	0.14666
-1.05174	-46.44467	-0.81061	0.46043	2	4.70699	0.78450	0.615	0.283365714	0.56673	0.79512	1.11556	2.19588
-0.76838	-37.53789	-0.65516	0.40942	4	4.30249	0.71708	0.514	0.210523606	0.84209	1.21093	1.74132	3.60078
-0.09654	-5.51398	-0.09624	0.32618	2	4.14382	0.69064	0.477	0.155580674	0.31116	0.46923	0.70760	1.60913
0.11389	6.49768	0.11341	0.29219	4	3.78362	0.63060	0.398	0.116191924	0.46477	0.71714	1.10654	2.63451
0.47704	25.50288	0.44511	0.26233	2	3.64916	0.60819	0.370	0.097034245	0.19407	0.30624	0.48325	1.20333
1.13294	48.56657	0.84765	0.23602	4	3.54531	0.59088	0.349	0.082405533	0.32962	0.53168	0.85760	2.23128
-3.39342	-73.58041	-1.28422	0.19221	2	2.52244	0.42041	0.177	0.033972002	0.06794	0.11435	0.19245	0.54511
-0.79700	-38.55476	-0.67291	0.17445	4	2.61240	0.43540	0.190	0.033070233	0.13228	0.22713	0.38998	1.14968
-0.12850	-7.32253	-0.12780	0.15815	2	2.64168	0.44028	0.194	0.030656686	0.06131	0.10742	0.18820	0.57769
1.13805	48.69445	0.84988	0.13066	4	2.66292	0.44382	0.197	0.025736087	0.10294	0.18756	0.34174	1.13448
3.06004	71.90298	1.25494	0.11905	2	2.68043	0.44674	0.200	0.023759625	0.04752	0.08824	0.16387	0.56509
-3.41539	-73.68039	-1.28597	0.10865	4	3.30152	0.55025	0.303	0.032896747	0.13159	0.24896	0.47104	1.68615
-0.85252	-40.44829	-0.70596	0.09931	2	3.28649	0.54775	0.300	0.029795715	0.05959	0.11483	0.22128	0.82170
0.39113	21.36177	0.37283	0.08334	4	3.26836	0.54473	0.297	0.024728956	0.09892	0.19753	0.39448	1.57318
1.23492	51.00051	0.89013	0.07651	2	3.25386	0.54231	0.294	0.022500976	0.04500	0.09144	0.18581	0.76723
6.48297	81.23122	1.41775	0.07033	4	3.23575	0.53929	0.291	0.020455445	0.08182	0.16913	0.34958	1.49359
-2.34838	-66.93449	-1.16823	0.06474	2	2.78241	0.46374	0.215	0.013923055	0.02785	0.05853	0.12304	0.54362
-0.64706	-32.90528	-0.57431	0.05967	4	2.79801	0.46634	0.217	0.012977388	0.05191	0.11093	0.23706	1.08259
0.04083	2.33825	0.04081	0.05520	1	2.81290	0.46882	0.220	0.012131845	0.01213	0.02634	0.05718	0.26950
								$\Sigma =$	143.15385	112.93066	95.65139	90.01316
									$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

## Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

Hs 4 m, Heading 120°, Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Ez	EΘ	Tg Eb	Eb	Eb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.400	1.00	0.559	2.008	1.118	0.01951	0.00698	-1.51146	-0.36689	-20.14774	-0.35164	2.18740	0.54685
0.444	1.00	0.560	2.008	1.12	0.01955	0.00698	-1.50622	-0.36671	-20.13833	-0.35148	2.19164	0.54791
0.467	1.00	0.561	2.008	1.122	0.01958	0.00524	-1.50273	-0.36849	-20.22830	-0.35305	2.19589	0.54897
0.511	1.00	0.566	2.008	1.132	0.01976	0.00349	-1.49051	-0.37138	-20.37405	-0.35559	2.20859	0.55215
0.533	1.00	0.571	2.008	1.142	0.01993	0.00000	-1.48528	-0.37706	-20.65965	-0.36058	2.21769	0.55442
0.556	1.00	0.579	2.006	1.158	0.02021	-0.00524	-1.48353	-0.38730	-21.17115	-0.36951	2.22559	0.55640
0.578	1.00	0.587	2.004	1.174	0.02049	-0.01047	-1.48877	-0.39882	-21.74334	-0.37949	2.22860	0.55715
0.600	1.00	0.595	2.002	1.19	0.02077	-0.01571	-1.50098	-0.41177	-22.38042	-0.39061	2.22655	0.55664
0.635	1.00	0.610	1.998	1.22	0.02129	-0.03142	-1.53764	-0.44510	-23.99363	-0.41877	2.21634	0.55409
0.670	1.00	0.616	1.998	1.232	0.02150	-0.04014	-1.56556	-0.46349	-24.86738	-0.43402	2.20529	0.55132
0.740	1.00	0.622	1.998	1.244	0.02171	-0.05236	-1.59698	-0.48646	-25.94109	-0.45276	2.19392	0.54848
0.810	1.00	0.627	2	1.254	0.02189	-0.06458	-1.63363	-0.50971	-27.00820	-0.47138	2.17936	0.54484
0.844	1.00	0.630	2.004	1.26	0.02199	-0.08029	-1.67552	-0.53615	-28.19794	-0.49215	2.16377	0.54094
0.879	1.01	0.632	2.012	1.264	0.02206	-0.09948	-1.72089	-0.56582	-29.50211	-0.51491	2.15098	0.53774
0.914	1.01	0.632	2.026	1.264	0.02206	-0.12217	-1.77325	-0.59819	-30.88759	-0.53909	2.13956	0.53489
0.949	1.04	0.624	2.072	1.248	0.02178	-0.19373	-1.89717	-0.68927	-34.57740	-0.60349	2.13526	0.53382
1.019	1.05	0.616	2.104	1.232	0.02150	-0.24609	-1.96873	-0.75545	-37.06926	-0.64698	2.14600	0.53650
1.054	1.09	0.589	2.172	1.178	0.02056	-0.40492	-2.13454	-0.98520	-44.57275	-0.77794	2.19482	0.54871
1.124	1.10	0.568	2.194	1.136	0.01983	-0.51836	-2.23228	-1.19464	-50.06833	-0.87386	2.22148	0.55537
1.194	1.10	0.541	2.194	1.082	0.01888	-0.65973	-2.33700	-1.54462	-57.08058	-0.99624	2.24060	0.56015
1.229	1.04	0.473	2.078	0.946	0.01651	-1.02102	-2.56738	-3.93866	-75.75401	-1.32216	2.19256	0.54814
1.298	0.98	0.433	1.954	0.866	0.01511	-1.23046	-2.69130	-18.09634	-86.83706	-1.51559	2.10431	0.52608
1.333	0.90	0.392	1.798	0.784	0.01368	-1.45211	-2.81871	6.55692	81.32860	1.41945	1.97904	0.49476
1.368	0.73	0.313	1.46	0.626	0.01093	-1.90241	-3.08923	1.54989	57.16967	0.99780	1.66967	0.41742
1.403	0.65	0.277	1.306	0.554	0.00967	-2.12058	3.04909	1.01567	45.44550	0.79317	1.51331	0.37833
1.438	0.53	0.216	1.05	0.432	0.00754	-2.51851	2.74017	0.44101	23.79816	0.41536	1.23079	0.30770
1.508	0.47	0.190	0.946	0.38	0.00663	-2.69479	2.57960	0.25088	14.08360	0.24581	1.10754	0.27689
1.543	0.39	0.151	0.774	0.302	0.00527	-2.98626	2.25497	-0.04597	-2.63224	-0.04594	0.89688	0.22422
1.578	0.35	0.136	0.7	0.272	0.00475	-3.10494	2.09963	-0.17111	-9.70970	-0.16947	0.80544	0.20136
1.613	0.32	0.124	0.632	0.248	0.00433	3.08051	1.95302	-0.28342	-15.82379	-0.27618	0.72178	0.18045
1.683	0.28	0.113	0.566	0.226	0.00394	2.99673	1.81689	-0.38873	-21.24263	-0.37075	0.64152	0.16038
1.717	0.22	0.096	0.446	0.192	0.00335	2.87630	1.58650	-0.57565	-29.92675	-0.52232	0.49901	0.12475
1.752	0.20	0.088	0.392	0.176	0.00307	2.83441	1.49226	-0.65682	-33.29768	-0.58115	0.43568	0.10892
1.822	0.17	0.080	0.34	0.16	0.00279	2.80649	1.40848	-0.72664	-36.00350	-0.62838	0.37493	0.09373
1.857	0.15	0.073	0.294	0.146	0.00255	2.78729	1.33692	-0.79084	-38.33822	-0.66913	0.32188	0.08047
1.892	0.13	0.066	0.25	0.132	0.00230	2.78205	1.27584	-0.84195	-40.09561	-0.69980	0.27142	0.06785
1.927	0.10	0.060	0.208	0.12	0.00209	2.78729	1.22348	-0.89677	-41.88481	-0.73103	0.22431	0.05608
1.997	0.09	0.054	0.172	0.108	0.00188	2.80474	1.17810	-0.93690	-43.13396	-0.75283	0.18350	0.04588
2.032	0.07	0.048	0.14	0.096	0.00168	2.84140	1.14145	-0.95449	-43.66623	-0.76212	0.14689	0.03672
2.067	0.06	0.042	0.11	0.084	0.00147	2.89725	1.11177	-0.96619	-44.01472	-0.76820	0.11282	0.02821
2.102	0.04	0.037	0.086	0.074	0.00129	2.98451	1.08734	-0.95466	-43.67127	-0.76221	0.08473	0.02118
2.137	0.03	0.032	0.064	0.064	0.00112	3.11716	1.06989	-0.93747	-43.15153	-0.75314	0.05873	0.01468
2.171	0.02	0.027	0.048	0.054	0.00094	-2.96008	1.05767	-0.81727	-39.25806	-0.68518	0.03743	0.00936

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^2$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^4$ *Sr( $\omega$ )*SM
Sudut fase gerak relatif	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
Vertikal haluan thd gelombang												
-4.31404	-76.94927	-1.34302	0.00052	1	3.50872	0.87718	0.769	0.000403075	0.00040	0.00016	0.00006	0.00001
-3.33771	-73.32145	-1.27970	0.02199	4	3.60712	0.90178	0.813	0.01787888	0.07152	0.03175	0.01410	0.00278
-2.94350	-71.23573	-1.24330	0.07675	2	3.66075	0.91519	0.838	0.064283482	0.12857	0.06004	0.02804	0.00612
-2.33205	-66.78997	-1.16570	0.37187	4	3.76557	0.94139	0.886	0.329554715	1.31822	0.67361	0.34421	0.08988
-2.09435	-64.47669	-1.12533	0.62181	2	3.82131	0.95533	0.913	0.567499014	1.13500	0.60495	0.32244	0.09160
-1.88718	-62.08134	-1.08352	0.92923	4	3.87937	0.96984	0.941	0.874023354	3.49609	1.94383	1.08077	0.33410
-1.71618	-59.77111	-1.04320	1.23436	2	3.93051	0.98263	0.966	1.191845937	2.38369	1.37777	0.79635	0.26605
-1.56506	-57.42327	-1.00223	1.51919	4	3.97574	0.99394	0.988	1.500815893	6.00326	3.60196	2.16117	0.77802
-1.36601	-53.79360	-0.93888	1.87738	2	4.03880	1.00970	1.019	1.913982568	3.82797	2.43076	1.54353	0.62239
-1.16775	-49.42488	-0.86263	2.08686	4	4.08702	1.02175	1.044	2.178645711	8.71458	5.83877	3.91198	1.75609
-0.81857	-39.30270	-0.68596	2.10990	2	4.15960	1.03990	1.081	2.281628516	4.56326	3.37681	2.49884	1.36836
-0.53106	-27.97085	-0.48818	1.83013	4	4.17919	1.04480	1.092	1.997769153	7.99108	6.47277	5.24295	3.43990
-0.41171	-22.37767	-0.39056	1.65590	2	4.15749	1.03937	1.080	1.788867536	3.57774	3.01961	2.54855	1.81542
-0.29352	-16.35798	-0.28550	1.47433	4	4.11938	1.02985	1.061	1.563648357	6.25459	5.49779	4.83256	3.73383
-0.17790	-10.08747	-0.17606	1.30052	2	4.06133	1.01533	1.031	1.340702754	2.68141	2.45080	2.24004	1.87132
-0.08377	-4.78858	-0.08358	1.14004	4	3.97492	0.99373	0.987	1.125786611	4.50315	4.27349	4.05554	3.65242
0.15298	8.69770	0.15180	0.86710	2	3.75427	0.93857	0.881	0.763838614	1.52768	1.55670	1.58628	1.64713
0.19285	10.91537	0.19051	0.75461	4	3.54479	0.88620	0.785	0.592631104	2.37052	2.49853	2.63345	2.92555
0.23272	13.10059	0.22865	0.57197	2	2.78496	0.69624	0.485	0.277260148	0.55452	0.62328	0.70057	0.88508
1.71579	59.76547	1.04310	0.43582	4	3.04736	0.76184	0.580	0.252950437	1.01180	1.20809	1.44246	2.05642
1.19901	50.17108	0.87565	0.38159	2	2.18407	0.54602	0.298	0.113764226	0.22753	0.27963	0.34367	0.51909
1.83176	61.36885	1.07109	0.29573	4	1.19272	0.29818	0.089	0.026293839	0.10518	0.13652	0.17720	0.29855
-0.44213	-23.85148	-0.41629	0.26087	2	2.35976	0.58994	0.348	0.090791227	0.18158	0.24205	0.32265	0.57332
-1.99625	-63.39188	-1.10640	0.23074	4	3.38090	0.84522	0.714	0.164842148	0.65937	0.90202	1.23396	2.30926
-0.78868	-38.26219	-0.66780	0.20464	2	3.20617	0.80154	0.642	0.131471962	0.26294	0.36891	0.51758	1.01881
-0.65226	-33.11480	-0.57796	0.18196	4	3.11980	0.77995	0.608	0.110691641	0.44277	0.63670	0.91557	1.89326
-0.10206	-5.82725	-0.10170	0.14497	2	3.09473	0.77368	0.599	0.086775968	0.17355	0.26172	0.39467	0.89750
0.08093	4.62692	0.08076	0.12986	4	2.89589	0.72397	0.524	0.068064952	0.27226	0.42010	0.64821	1.54329
0.38599	21.10625	0.36837	0.11659	2	2.79306	0.69826	0.488	0.056846002	0.11369	0.17941	0.28310	0.70495
0.87263	41.10880	0.71748	0.10490	4	2.69683	0.67421	0.455	0.047682179	0.19073	0.30765	0.49623	1.29108
-11.20439	-84.89982	-1.48178	0.08543	2	1.39777	0.34944	0.122	0.010431654	0.02086	0.03511	0.05910	0.16739
-1.01450	-45.41253	-0.79260	0.07753	4	1.50247	0.37562	0.141	0.010938779	0.04376	0.07513	0.12899	0.38029
-0.14747	-8.38885	-0.14641	0.07029	2	1.56667	0.39167	0.153	0.010782501	0.02157	0.03778	0.06619	0.20318
1.41348	54.72160	0.95507	0.05807	4	1.63323	0.40831	0.167	0.009681048	0.03872	0.07056	0.12855	0.42675
6.74618	81.56832	1.42364	0.05291	2	1.68187	0.42047	0.177	0.009354352	0.01871	0.03474	0.06452	0.22248
-3.10133	-72.12851	-1.25888	0.04829	4	2.27080	0.56770	0.322	0.015562622	0.06225	0.11778	0.22284	0.79768
-1.00467	-45.13347	-0.78773	0.04414	2	2.22430	0.55608	0.309	0.013648223	0.02730	0.05260	0.10136	0.37639
0.23685	13.32515	0.23257	0.03704	4	2.18301	0.54575	0.298	0.011032112	0.04413	0.08812	0.17598	0.70183
1.03370	45.94927	0.80197	0.03400	2	2.14652	0.53663	0.288	0.0097921	0.01958	0.03980	0.08086	0.33389
5.98287	80.51107	1.40518	0.03126	4	2.11271	0.52818	0.279	0.008720442	0.03488	0.07210	0.14903	0.63674
-2.05892	-64.09451	-1.11866	0.02877	2	1.91528	0.47882	0.229	0.006597147	0.01319	0.02773	0.05830	0.25758
-0.54716	-28.68576	-0.50066	0.02652	4	1.94127	0.48532	0.236	0.006246842	0.02499	0.05340	0.11411	0.52112
0.09370	5.35282	0.09342	0.02453	1	1.96257	0.49064	0.241	0.005905688	0.00591	0.01282	0.02783	0.13119
								$\Sigma =$	65.12048	51.99384	44.69440	43.54808
								$\Sigma 0$		$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

## Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

## Hs 5 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	ζz	Εθ	Tg Εb	Εb	Εb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.400	1.00	0.559	2.51	1.3975	0.02439	0.00698	-1.51146	-0.36689	-20.14774	-0.35164	2.73425	0.54685
0.444	1.00	0.560	2.51	1.4	0.02443	0.00698	-1.50622	-0.36671	-20.13833	-0.35148	2.73955	0.54791
0.467	1.00	0.561	2.51	1.4025	0.02448	0.00524	-1.50273	-0.36849	-20.22830	-0.35305	2.74486	0.54897
0.511	1.00	0.566	2.51	1.415	0.02470	0.00349	-1.49051	-0.37138	-20.37405	-0.35559	2.76073	0.55215
0.533	1.00	0.571	2.51	1.4275	0.02491	0.00000	-1.48528	-0.37706	-20.65965	-0.36058	2.77212	0.55442
0.556	1.00	0.579	2.5075	1.4475	0.02526	-0.00524	-1.48353	-0.38730	-21.17115	-0.36951	2.78199	0.55640
0.578	1.00	0.587	2.505	1.4675	0.02561	-0.01047	-1.48877	-0.39882	-21.74334	-0.37949	2.78575	0.55715
0.600	1.00	0.595	2.5025	1.4875	0.02596	-0.01571	-1.50098	-0.41177	-22.38042	-0.39061	2.78318	0.55664
0.635	1.00	0.610	2.4975	1.525	0.02662	-0.03142	-1.53764	-0.44510	-23.99363	-0.41877	2.77043	0.55409
0.670	1.00	0.616	2.4975	1.54	0.02688	-0.04014	-1.56556	-0.46349	-24.86738	-0.43402	2.75662	0.55132
0.740	1.00	0.622	2.4975	1.555	0.02714	-0.05236	-1.59698	-0.48646	-25.94109	-0.45276	2.74240	0.54848
0.810	1.00	0.627	2.5	1.5675	0.02736	-0.06458	-1.63363	-0.50971	-27.00820	-0.47138	2.72420	0.54484
0.844	1.00	0.630	2.505	1.575	0.02749	-0.08029	-1.67552	-0.53615	-28.19794	-0.49215	2.70471	0.54094
0.879	1.01	0.632	2.515	1.58	0.02758	-0.09948	-1.72089	-0.56582	-29.50211	-0.51491	2.68872	0.53774
0.914	1.01	0.632	2.5325	1.58	0.02758	-0.12217	-1.77325	-0.59819	-30.88759	-0.53909	2.67445	0.53489
0.949	1.04	0.624	2.59	1.56	0.02723	-0.19373	-1.89717	-0.68927	-34.57740	-0.60349	2.66908	0.53382
1.019	1.05	0.616	2.63	1.54	0.02688	-0.24609	-1.96873	-0.75545	-37.06926	-0.64698	2.68250	0.53650
1.054	1.09	0.589	2.715	1.4725	0.02570	-0.40492	-2.13454	-0.98520	-44.57275	-0.77794	2.74353	0.54871
1.124	1.10	0.568	2.7425	1.42	0.02478	-0.51836	-2.23228	-1.19464	-50.06833	-0.87386	2.77685	0.55537
1.194	1.10	0.541	2.7425	1.3525	0.02361	-0.65973	-2.33700	-1.54462	-57.08058	-0.99624	2.80075	0.56015
1.229	1.04	0.473	2.5975	1.1825	0.02064	-1.02102	-2.56738	-3.93866	-75.75401	-1.32216	2.74070	0.54814
1.298	0.98	0.433	2.4425	1.0825	0.01889	-1.23046	-2.69130	-18.09634	-86.83706	-1.51559	2.63039	0.52608
1.333	0.90	0.392	2.2475	0.98	0.01710	-1.45211	-2.81871	6.55692	81.32860	1.41945	2.47380	0.49476
1.368	0.73	0.313	1.825	0.7825	0.01366	-1.90241	-3.08923	1.54989	57.16967	0.99780	2.08708	0.41742
1.403	0.65	0.277	1.6325	0.6925	0.01209	-2.12058	3.04909	1.01567	45.44550	0.79317	1.89164	0.37833
1.438	0.53	0.216	1.3125	0.54	0.00942	-2.51851	2.74017	0.44101	23.79816	0.41536	1.53849	0.30770
1.508	0.47	0.190	1.1825	0.475	0.00829	-2.69479	2.57960	0.25088	14.08360	0.24581	1.38443	0.27689
1.543	0.39	0.151	0.9675	0.3775	0.00659	-2.98626	2.25497	-0.04597	-2.63224	-0.04594	1.12110	0.22422
1.578	0.35	0.136	0.875	0.34	0.00593	-3.10494	2.09963	-0.17111	-9.70970	-0.16947	1.00680	0.20136
1.613	0.32	0.124	0.79	0.31	0.00541	3.08051	1.95302	-0.28342	-15.82379	-0.27618	0.90223	0.18045
1.683	0.28	0.113	0.7075	0.2825	0.00493	2.99673	1.81689	-0.38873	-21.24263	-0.37075	0.80190	0.16038
1.717	0.22	0.096	0.5575	0.24	0.00419	2.87630	1.58650	-0.57565	-29.92675	-0.52232	0.62376	0.12475
1.752	0.20	0.088	0.49	0.22	0.00384	2.83441	1.49226	-0.65682	-33.29768	-0.58115	0.54460	0.10892
1.822	0.17	0.080	0.425	0.2	0.00349	2.80649	1.40848	-0.72664	-36.00350	-0.62838	0.46866	0.09373
1.857	0.15	0.073	0.3675	0.1825	0.00319	2.78729	1.33692	-0.79084	-38.33822	-0.66913	0.40235	0.08047
1.892	0.13	0.066	0.3125	0.165	0.00288	2.78205	1.27584	-0.84195	-40.09561	-0.69980	0.33927	0.06785
1.927	0.10	0.060	0.26	0.15	0.00262	2.78729	1.22348	-0.89677	-41.88481	-0.73103	0.28038	0.05608
1.997	0.09	0.054	0.215	0.135	0.00236	2.80474	1.17810	-0.93690	-43.13396	-0.75283	0.22938	0.04588
2.032	0.07	0.048	0.175	0.12	0.00209	2.84140	1.14145	-0.95449	-43.66623	-0.76212	0.18362	0.03672
2.067	0.06	0.042	0.1375	0.105	0.00183	2.89725	1.11177	-0.96619	-44.01472	-0.76820	0.14103	0.02821
2.102	0.04	0.037	0.1075	0.0925	0.00161	2.98451	1.08734	-0.95466	-43.67127	-0.76221	0.10591	0.02118
2.137	0.03	0.032	0.08	0.08	0.00140	3.11716	1.06989	-0.93747	-43.15153	-0.75314	0.07341	0.01468
2.171	0.02	0.027	0.06	0.0675	0.00118	-2.96008	1.05767	-0.81727	-39.25806	-0.68518	0.04679	0.00936

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)*2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^2$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^4$ *Sr( $\omega$ )*SM
Sudut fase gerak relatif								RAO (Zbr) * 2 * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )		(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-4.31404	-76.94927	-1.34302	0.00082	1	4.38590	0.87718	0.769	0.000629805	0.00063	0.00025	0.00010	0.00002
-3.33771	-73.32145	-1.27970	0.03435	4	4.50890	0.90178	0.813	0.027935749	0.11174	0.04961	0.02203	0.00434
-2.94350	-71.23573	-1.24330	0.11992	2	4.57594	0.91519	0.838	0.100442941	0.20089	0.09381	0.04381	0.00955
-2.33205	-66.78997	-1.16570	0.58104	4	4.70696	0.94139	0.886	0.514929242	2.05972	1.05252	0.53784	0.14044
-2.09435	-64.47669	-1.12533	0.97158	2	4.77664	0.95533	0.913	0.88671721	1.77343	0.94524	0.50381	0.14313
-1.88718	-62.08134	-1.08352	1.45192	4	4.84921	0.96984	0.941	1.36566149	5.46265	3.03723	1.68870	0.52204
-1.71618	-59.77111	-1.04320	1.92869	2	4.91314	0.98263	0.966	1.862259277	3.72452	2.15277	1.24430	0.41570
-1.56506	-57.42327	-1.00223	2.37373	4	4.96968	0.99394	0.988	2.345024833	9.38010	5.62806	3.37684	1.21566
-1.36601	-53.79360	-0.93888	2.93341	2	5.04851	1.00970	1.019	2.990597763	5.98120	3.79806	2.41177	0.97248
-1.16775	-49.42488	-0.86263	3.26072	4	5.10877	1.02175	1.044	3.404133923	13.61654	9.12308	6.11246	2.74388
-0.81857	-39.30270	-0.68596	3.29671	2	5.19950	1.03990	1.081	3.565044556	7.13009	5.27627	3.90444	2.13807
-0.53106	-27.97085	-0.48818	2.85957	4	5.22399	1.04480	1.092	3.121514302	12.48606	10.11371	8.19210	5.37484
-0.41171	-22.37767	-0.39056	2.58735	2	5.19687	1.03937	1.080	2.795105525	5.59021	4.71814	3.98211	2.83660
-0.29352	-16.35798	-0.28550	2.30364	4	5.14923	1.02985	1.061	2.443200557	9.77280	8.59029	7.55087	5.83411
-0.17790	-10.08747	-0.17606	2.03206	2	5.07666	1.01533	1.031	2.094848054	4.18970	3.82938	3.50006	2.92393
-0.08377	-4.78858	-0.08358	1.78131	4	4.96865	0.99373	0.987	1.75904158	7.03617	6.67732	6.33678	5.70691
0.15298	8.69770	0.15180	1.35485	2	4.69284	0.93857	0.881	1.193497835	2.38700	2.43235	2.47856	2.57364
0.19285	10.91537	0.19051	1.17908	4	4.43099	0.88620	0.785	0.9259861	3.70394	3.90396	4.11477	4.57117
0.23272	13.10059	0.22865	0.89370	2	3.48120	0.69624	0.485	0.433218981	0.86644	0.97388	1.09464	1.38294
1.71579	59.76547	1.04310	0.68097	4	3.80920	0.76184	0.580	0.395235058	1.58094	1.88764	2.25385	3.21316
1.19901	50.17108	0.87565	0.59623	2	2.73009	0.54602	0.298	0.177756603	0.35551	0.43693	0.53698	0.81108
1.83176	61.36885	1.07109	0.46208	4	1.49090	0.29818	0.089	0.041084123	0.16434	0.21331	0.27687	0.46648
-0.44213	-23.85148	-0.41629	0.40761	2	2.94970	0.58994	0.348	0.141861293	0.28372	0.37820	0.50414	0.89581
-1.99625	-63.39188	-1.10640	0.36053	4	4.22612	0.84522	0.714	0.257565856	1.03026	1.40940	1.92806	3.60822
-0.78868	-38.26219	-0.66780	0.31974	2	4.00771	0.80154	0.642	0.205424941	0.41085	0.57642	0.80872	1.59189
-0.65226	-33.11480	-0.57796	0.28432	4	3.89975	0.77995	0.608	0.17295569	0.69182	0.99484	1.43058	2.95822
-0.10206	-5.82725	-0.10170	0.22651	2	3.86841	0.77368	0.599	0.13558745	0.27117	0.40893	0.61667	1.40234
0.08093	4.62692	0.08076	0.20291	4	3.61986	0.72397	0.524	0.106351488	0.42541	0.65640	1.01283	2.41139
0.38599	21.10625	0.36837	0.18217	2	3.49132	0.69826	0.488	0.088821878	0.17764	0.28032	0.44235	1.10148
0.87263	41.10880	0.71748	0.16390	4	3.37104	0.67421	0.455	0.074503405	0.29801	0.48070	0.77536	2.01731
-11.20439	-84.89982	-1.48178	0.13348	2	1.74722	0.34944	0.122	0.01629946	0.03260	0.05486	0.09234	0.26154
-1.01450	-45.41253	-0.79260	0.12114	4	1.87809	0.37562	0.141	0.017091842	0.06837	0.11739	0.20155	0.59420
-0.14747	-8.38885	-0.14641	0.10983	2	1.95833	0.39167	0.153	0.016847657	0.03370	0.05903	0.10343	0.31747
1.41348	54.72160	0.95507	0.09073	4	2.04154	0.40831	0.167	0.015126638	0.06051	0.11024	0.20086	0.66680
6.74618	81.56832	1.42364	0.08267	2	2.10233	0.42047	0.177	0.014616175	0.02923	0.05428	0.10081	0.34763
-3.10133	-72.12851	-1.25888	0.07545	4	2.83850	0.56770	0.322	0.024316596	0.09727	0.18403	0.34818	1.24637
-1.00467	-45.13347	-0.78773	0.06897	2	2.78038	0.55608	0.309	0.021325348	0.04265	0.08219	0.15838	0.58810
0.23685	13.32515	0.23257	0.05787	4	2.72876	0.54575	0.298	0.017237676	0.06895	0.13769	0.27498	1.09661
1.03370	45.94927	0.80197	0.05313	2	2.68315	0.53663	0.288	0.015300157	0.03060	0.06218	0.12635	0.52170
5.98287	80.51107	1.40518	0.04884	4	2.64089	0.52818	0.279	0.013625691	0.05450	0.11266	0.23286	0.99490
-2.05892	-64.09451	-1.11866	0.04496	2	2.39410	0.47882	0.229	0.010308042	0.02062	0.04334	0.09109	0.40247
-0.54716	-28.68576	-0.50066	0.04144	4	2.42659	0.48532	0.236	0.009760691	0.03904	0.08343	0.17830	0.81425
0.09370	5.35282	0.09342	0.03833	1	2.45322	0.49064	0.241	0.009227637	0.00923	0.02003	0.04349	0.20499
								$\Sigma =$	101.75075	81.24038	69.83500	68.04388
									$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

## Hs 6 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
φ	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Εz Sudut fase heave	ΕΘ Sudut fase pitch	Tg Εb Sudut fase gerakan	Εb	Εb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.400	1.00	0.559	3.012	1.677	0.02927	0.00698	-1.51146	-0.36689	-20.14774	-0.35164	3.28110	0.54685
0.444	1.00	0.560	3.012	1.68	0.02932	0.00698	-1.50622	-0.36671	-20.13833	-0.35148	3.28746	0.54791
0.467	1.00	0.561	3.012	1.683	0.02937	0.00524	-1.50273	-0.36849	-20.22830	-0.35305	3.29383	0.54897
0.511	1.00	0.566	3.012	1.698	0.02964	0.00349	-1.49051	-0.37138	-20.37405	-0.35559	3.31288	0.55215
0.533	1.00	0.571	3.012	1.713	0.02990	0.00000	-1.48528	-0.37706	-20.65965	-0.36058	3.32654	0.55442
0.556	1.00	0.579	3.009	1.737	0.03032	-0.00524	-1.48353	-0.38730	-21.17115	-0.36951	3.33838	0.55640
0.578	1.00	0.587	3.006	1.761	0.03074	-0.01047	-1.48877	-0.39882	-21.74334	-0.37949	3.34290	0.55715
0.600	1.00	0.595	3.003	1.785	0.03115	-0.01571	-1.50098	-0.41177	-22.38042	-0.39061	3.33982	0.55664
0.635	1.00	0.610	2.997	1.83	0.03194	-0.03142	-1.53764	-0.44510	-23.99363	-0.41877	3.32451	0.55409
0.670	1.00	0.616	2.997	1.848	0.03225	-0.04014	-1.56556	-0.46349	-24.86738	-0.43402	3.30794	0.55132
0.740	1.00	0.622	2.997	1.866	0.03257	-0.05236	-1.59698	-0.48646	-25.94109	-0.45276	3.29088	0.54848
0.810	1.00	0.627	3	1.881	0.03283	-0.06458	-1.63363	-0.50971	-27.00820	-0.47138	3.26905	0.54484
0.844	1.00	0.630	3.006	1.89	0.03299	-0.08029	-1.67552	-0.53615	-28.19794	-0.49215	3.24566	0.54094
0.879	1.01	0.632	3.018	1.896	0.03309	-0.09948	-1.72089	-0.56582	-29.50211	-0.51491	3.22646	0.53774
0.914	1.01	0.632	3.039	1.896	0.03309	-0.12217	-1.77325	-0.59819	-30.88759	-0.53909	3.20934	0.53489
0.949	1.04	0.624	3.108	1.872	0.03267	-0.19373	-1.89717	-0.68927	-34.57740	-0.60349	3.20289	0.53382
1.019	1.05	0.616	3.156	1.848	0.03225	-0.24609	-1.96873	-0.75545	-37.06926	-0.64698	3.21900	0.53650
1.054	1.09	0.589	3.258	1.767	0.03084	-0.40492	-2.13454	-0.98520	-44.57275	-0.77794	3.29223	0.54871
1.124	1.10	0.568	3.291	1.704	0.02974	-0.51836	-2.23228	-1.19464	-50.06833	-0.87386	3.33222	0.55537
1.194	1.10	0.541	3.291	1.623	0.02833	-0.65973	-2.33700	-1.54462	-57.08058	-0.99624	3.36091	0.56015
1.229	1.04	0.473	3.117	1.419	0.02477	-1.02102	-2.56738	-3.93866	-75.75401	-1.32216	3.28884	0.54814
1.298	0.98	0.433	2.931	1.299	0.02267	-1.23046	-2.69130	-18.09634	-86.83706	-1.51559	3.15647	0.52608
1.333	0.90	0.392	2.697	1.176	0.02053	-1.45211	-2.81871	6.55692	81.32860	1.41945	2.96856	0.49476
1.368	0.73	0.313	2.19	0.939	0.01639	-1.90241	-3.08923	1.54989	57.16967	0.99780	2.50450	0.41742
1.403	0.65	0.277	1.959	0.831	0.01450	-2.12058	3.04909	1.01567	45.44550	0.79317	2.26996	0.37833
1.438	0.53	0.216	1.575	0.648	0.01131	-2.51851	2.74017	0.44101	23.79816	0.41536	1.84619	0.30770
1.508	0.47	0.190	1.419	0.57	0.00995	-2.69479	2.57960	0.25088	14.08360	0.24581	1.66132	0.27689
1.543	0.39	0.151	1.161	0.453	0.00791	-2.98626	2.25497	-0.04597	-2.63224	-0.04594	1.34532	0.22422
1.578	0.35	0.136	1.05	0.408	0.00712	-3.10494	2.09963	-0.17111	-9.70970	-0.16947	1.20815	0.20136
1.613	0.32	0.124	0.948	0.372	0.00649	3.08051	1.95302	-0.28342	-15.82379	-0.27618	1.08267	0.18045
1.683	0.28	0.113	0.849	0.339	0.00592	2.99673	1.81689	-0.38873	-21.24263	-0.37075	0.96228	0.16038
1.717	0.22	0.096	0.669	0.288	0.00503	2.87630	1.58650	-0.57565	-29.92675	-0.52232	0.74851	0.12475
1.752	0.20	0.088	0.588	0.264	0.00461	2.83441	1.49226	-0.65682	-33.29768	-0.58115	0.65352	0.10892
1.822	0.17	0.080	0.51	0.24	0.00419	2.80649	1.40848	-0.72664	-36.00350	-0.62838	0.56239	0.09373
1.857	0.15	0.073	0.441	0.219	0.00382	2.78729	1.33692	-0.79084	-38.33822	-0.66913	0.48282	0.08047
1.892	0.13	0.066	0.375	0.198	0.00346	2.78205	1.27584	-0.84195	-40.09561	-0.69980	0.40713	0.06785
1.927	0.10	0.060	0.312	0.18	0.00314	2.78729	1.22348	-0.89677	-41.88481	-0.73103	0.33646	0.05608
1.997	0.09	0.054	0.258	0.162	0.00283	2.80474	1.17810	-0.93690	-43.13396	-0.75283	0.27526	0.04588
2.032	0.07	0.048	0.21	0.144	0.00251	2.84140	1.14145	-0.95449	-43.66623	-0.76212	0.22034	0.03672
2.067	0.06	0.042	0.165	0.126	0.00220	2.89725	1.11177	-0.96619	-44.01472	-0.76820	0.16924	0.02821
2.102	0.04	0.037	0.129	0.111	0.00194	2.98451	1.08734	-0.95466	-43.67127	-0.76221	0.12710	0.02118
2.137	0.03	0.032	0.096	0.096	0.00168	3.11716	1.06989	-0.93747	-43.15153	-0.75314	0.08809	0.01468
2.171	0.02	0.027	0.072	0.081	0.00141	-2.96008	1.05767	-0.81727	-39.25806	-0.68518	0.05615	0.00936

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ ) RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-4.31404	-76.94927	-1.34302	0.00118	1	5.26308	0.87718	0.769	0.000906919	0.00091	0.00036	0.00015	0.00002
-3.33771	-73.32145	-1.27970	0.04947	4	5.41068	0.90178	0.813	0.040227479	0.16091	0.07144	0.03172	0.00625
-2.94350	-71.23573	-1.24330	0.17269	2	5.49113	0.91519	0.838	0.144637835	0.28928	0.13509	0.06309	0.01376
-2.33205	-66.78997	-1.16570	0.83670	4	5.64836	0.94139	0.886	0.741498108	2.96599	1.51562	0.77448	0.20223
-2.09435	-64.47669	-1.12533	1.39908	2	5.73197	0.95533	0.913	1.276872782	2.55375	1.36115	0.72549	0.20610
-1.88718	-62.08134	-1.08352	2.09076	4	5.81905	0.96984	0.941	1.966552546	7.86621	4.37361	2.43173	0.75173
-1.71618	-59.77111	-1.04320	2.77731	2	5.89577	0.98263	0.966	2.681653359	5.36331	3.09999	1.79179	0.59861
-1.56506	-57.42327	-1.00223	3.41817	4	5.96361	0.99394	0.988	3.37683576	13.50734	8.10441	4.86264	1.75055
-1.36601	-53.79360	-0.93888	4.22411	2	6.05821	1.00970	1.019	4.306460778	8.61292	5.46921	3.47295	1.40038
-1.16775	-49.42488	-0.86263	4.69544	4	6.13053	1.02175	1.044	4.901952849	19.60781	13.13723	8.80195	3.95119
-0.81857	-39.30270	-0.68596	4.74727	2	6.23940	1.03990	1.081	5.133664161	10.26733	7.59782	5.62239	3.07882
-0.53106	-27.97085	-0.48818	4.11779	4	6.26878	1.04480	1.092	4.494980595	17.97992	14.56374	11.79663	7.73977
-0.41171	-22.37767	-0.39056	3.72578	2	6.23624	1.03937	1.080	4.024951956	8.04990	6.79412	5.73424	4.08470
-0.29352	-16.35798	-0.28550	3.31724	4	6.17908	1.02985	1.061	3.518208802	14.07284	12.37002	10.87325	8.40112
-0.17790	-10.08747	-0.17606	2.92617	2	6.09199	1.01533	1.031	3.016581197	6.03316	5.51431	5.04008	4.21046
-0.08377	-4.78858	-0.08358	2.56509	4	5.96238	0.99373	0.987	2.533019875	10.13208	9.61534	9.12496	8.21795
0.15298	8.69770	0.15180	1.95098	2	5.63141	0.93857	0.881	1.718636882	3.43727	3.50258	3.56913	3.70605
0.19285	10.91537	0.19051	1.69788	4	5.31719	0.88620	0.785	1.333419985	5.33368	5.62170	5.92527	6.58248
0.23272	13.10059	0.22865	1.28692	2	4.17744	0.69624	0.485	0.623835332	1.24767	1.40238	1.57628	1.99143
1.71579	59.76547	1.04310	0.98059	4	4.57105	0.76184	0.580	0.569138484	2.27655	2.71821	3.24554	4.62695
1.19901	50.17108	0.87565	0.85857	2	3.27611	0.54602	0.298	0.255969508	0.51194	0.62917	0.77325	1.16795
1.83176	61.36885	1.07109	0.66540	4	1.78908	0.29818	0.089	0.059161137	0.23664	0.30716	0.39870	0.67173
-0.44213	-23.85148	-0.41629	0.58696	2	3.53964	0.58994	0.348	0.204280261	0.40856	0.54461	0.72597	1.28996
-1.99625	-63.39188	-1.10640	0.51917	4	5.07135	0.84522	0.714	0.370894833	1.48358	2.02954	2.77641	5.19583
-0.78868	-38.26219	-0.66780	0.46043	2	4.80925	0.80154	0.642	0.295811915	0.59162	0.83005	1.16456	2.29233
-0.65226	-33.11480	-0.57796	0.40942	4	4.67970	0.77995	0.608	0.249056193	0.99622	1.43257	2.06004	4.25984
-0.10206	-5.82725	-0.10170	0.32618	2	4.64209	0.77368	0.599	0.195245928	0.39049	0.58886	0.88800	2.01938
0.08093	4.62692	0.08076	0.29219	4	4.34383	0.72397	0.524	0.153146142	0.61258	0.94522	1.45847	3.47240
0.38599	21.10625	0.36837	0.26233	2	4.18959	0.69826	0.488	0.127903504	0.25581	0.40366	0.63698	1.58614
0.87263	41.10880	0.71748	0.23602	4	4.04525	0.67421	0.455	0.107284903	0.42914	0.69220	1.11652	2.90493
-11.20439	-84.89982	-1.48178	0.19221	2	2.09666	0.34944	0.122	0.023471222	0.04694	0.07900	0.13296	0.37662
-1.01450	-45.41253	-0.79260	0.17445	4	2.25370	0.37562	0.141	0.024612252	0.09845	0.16904	0.29024	0.85564
-0.14747	-8.38885	-0.14641	0.15815	2	2.35000	0.39167	0.153	0.024260626	0.04852	0.08501	0.14894	0.45716
1.41348	54.72160	0.95507	0.13066	4	2.44985	0.40831	0.167	0.021782358	0.08713	0.15875	0.28924	0.96019
6.74618	81.56832	1.42364	0.11905	2	2.52280	0.42047	0.177	0.021047291	0.04209	0.07817	0.14516	0.50058
-3.10133	-72.12851	-1.25888	0.10865	4	3.40620	0.56770	0.322	0.035015899	0.14006	0.26500	0.50138	1.79477
-1.00467	-45.13347	-0.78773	0.09931	2	3.33645	0.55608	0.309	0.030708502	0.06142	0.11835	0.22806	0.84687
0.23685	13.32515	0.23257	0.08334	4	3.27452	0.54575	0.298	0.024822253	0.09929	0.19828	0.39597	1.57911
1.03370	45.94927	0.80197	0.07651	2	3.21978	0.53663	0.288	0.022032226	0.04406	0.08954	0.18194	0.75125
5.98287	80.51107	1.40518	0.07033	4	3.16906	0.52818	0.279	0.019620995	0.07848	0.16223	0.33532	1.43266
-2.05892	-64.09451	-1.11866	0.06474	2	2.87292	0.47882	0.229	0.014843581	0.02969	0.06240	0.13117	0.57956
-0.54716	-28.68576	-0.50066	0.05967	4	2.91191	0.48532	0.236	0.014055395	0.05622	0.12015	0.25675	1.17252
0.09370	5.35282	0.09342	0.05520	1	2.94386	0.49064	0.241	0.013287797	0.01329	0.02885	0.06263	0.29518
								<b>Σ =</b>	<b>146.52108</b>	<b>116.98615</b>	<b>100.56241</b>	<b>97.98318</b>
									<b>Σ0</b>	<b>Σ1</b>	<b>Σ2</b>	<b>Σ4</b>

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Fullload*

## Hs 4 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ø	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Σz Sudut fase heave	ΣΘ Sudut fase pitch	Tg Eb Sudut fase gerakan vertikal haluan thd gelombang	Eb degree	Eb Radian	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian				m	(m/m)
0.05	1.00	0.015	2.000401385	0.03	0.00052	6.27407	1.58825	0.00120	0.06854	0.00120	1.99996	0.49999
0.10	1.00	0.058	2.000012456	0.116	0.00202	6.23047	1.53589	-0.01283	-0.73500	-0.01283	2.00018	0.50005
0.15	1.00	0.132	2.001641144	0.264	0.00461	6.13312	1.48353	-0.05935	-3.39638	-0.05928	1.99848	0.49962
0.20	1.00	0.235	2.006450188	0.47	0.00820	6.00076	1.39626	-0.12146	-6.92538	-0.12087	1.99766	0.49941
0.25	1.01	0.367	2.016494582	0.734	0.01281	5.85094	1.30900	-0.18209	-10.31976	-0.18011	1.99392	0.49848
0.30	1.02	0.529	2.038721979	1.058	0.01847	5.64888	1.18682	-0.27869	-15.57267	-0.27179	1.98767	0.49692
0.35	1.04	0.721	2.077994187	1.442	0.02517	5.41314	1.04720	-0.39744	-21.67474	-0.37830	1.97535	0.49384
0.40	1.08	0.939	2.156729462	1.878	0.03278	5.13433	0.89012	-0.56838	-29.61293	-0.51684	1.95077	0.48769
0.50	1.18	1.445	2.352470641	2.89	0.05044	4.52579	0.50615	-1.03566	-46.00369	-0.80292	1.87403	0.46851
0.55	1.24	1.719	2.479741593	3.438	0.06000	4.16960	0.26180	-1.50727	-56.43764	-0.98502	1.81383	0.45346
0.60	1.30	1.995	2.605275156	3.99	0.06964	3.80285	6.28319	-2.32675	-66.74274	-1.16488	1.74142	0.43536
0.65	1.40	2.259	2.796438439	4.518	0.07885	3.43207	6.02139	-4.98931	-78.66646	-1.37299	1.63696	0.40924
0.70	1.46	2.492	2.912178826	4.984	0.08699	3.02513	5.70723	84.53463	89.32225	1.55897	1.52835	0.38209
0.75	1.49	2.672	2.971019692	5.344	0.09327	2.58853	5.35816	4.34159	77.02925	1.34441	1.41020	0.35255
0.80	1.50	2.773	3.002391138	5.546	0.09680	2.13844	4.99164	2.01507	63.60661	1.11014	1.26651	0.31663
0.85	1.47	2.766	2.936206933	5.532	0.09655	1.63857	4.57276	1.15016	48.99493	0.85512	1.10998	0.27749
0.90	1.37	2.622	2.747184936	5.244	0.09153	1.09965	4.11898	0.70396	35.14415	0.61338	0.94107	0.23527
0.95	1.23	2.324	2.451612923	4.648	0.08112	0.51843	3.63028	0.41253	22.41741	0.39126	0.74927	0.18732
1.00	1.02	1.869	2.04179843	3.738	0.06524	6.14609	3.08923	0.26551	14.86957	0.25952	0.56317	0.14079
1.05	0.79	1.297	1.571045014	2.594	0.04527	5.40519	2.51327	0.36473	20.03825	0.34973	0.46803	0.11701
1.10	0.56	0.687	1.119330623	1.374	0.02398	4.50974	1.88496	0.38245	20.92954	0.36529	0.55379	0.13845
1.15	0.42	0.149	0.833990923	0.298	0.00520	3.36561	0.85521	0.04510	2.58246	0.04507	0.67940	0.16985
1.20	0.41	0.323	0.827936919	0.646	0.01127	2.09021	4.22370	-0.52704	-27.79080	-0.48504	0.70029	0.17507
1.25	0.47	0.610	0.938374271	1.22	0.02129	1.02615	3.49066	-1.70659	-59.63118	-1.04076	0.59767	0.14942
1.30	0.49	0.744	0.982642311	1.488	0.02597	0.08756	2.80998	36.79942	88.44341	1.54363	0.41922	0.10480
1.35	0.46	0.729	0.910600329	1.458	0.02545	5.48555	2.12930	1.89690	62.20288	1.08565	0.22444	0.05611
1.40	0.37	0.598	0.742264825	1.196	0.02087	4.58401	1.41372	2.26490	66.17755	1.15502	0.08325	0.02081
1.45	0.27	0.399	0.531789529	0.798	0.01393	3.59112	0.62832	-2.61272	-69.05603	-1.20526	0.09793	0.02448
1.50	0.18	0.193	0.351876839	0.386	0.00674	2.41837	5.95157	-11.42575	-84.99813	-1.48350	0.14702	0.03675
1.55	0.14	0.103	0.289291743	0.206	0.00360	0.97561	3.92699	2.24704	66.00946	1.15208	0.15256	0.03814
1.59	0.15	0.164	0.303410552	0.328	0.00572	0.01249	2.72271	0.98146	44.46401	0.77604	0.13638	0.03410
1.60	0.16	0.189	0.312588745	0.378	0.00660	5.95547	2.40855	0.71329	35.49973	0.61959	0.12625	0.03156
1.65	0.16	0.240	0.32036044	0.48	0.00838	4.85973	1.46608	0.13956	7.94507	0.13867	0.08232	0.02058
1.70	0.14	0.227	0.284083774	0.454	0.00792	3.81778	0.61087	0.03755	2.15048	0.03753	0.03419	0.00855
1.75	0.11	0.183	0.219856849	0.366	0.00639	2.65685	5.67232	-3.60090	-74.47959	-1.29991	0.04350	0.01087
1.80	0.07	0.119	0.142561351	0.238	0.00415	1.53611	4.95674	-0.36656	-20.13115	-0.35135	0.04744	0.01186
1.85	0.04	0.022	0.082524358	0.044	0.00077	6.05466	3.01942	-0.29809	-16.59875	-0.28970	0.05254	0.01313
1.90	0.07	0.093	0.13263838	0.186	0.00325	4.46057	0.97738	-0.58265	-30.22727	-0.52757	0.04453	0.01113
1.95	0.07	0.123	0.148438898	0.246	0.00429	3.03138	6.03884	-1.48169	-55.98444	-0.97711	0.02968	0.00742
2.00	0.06	0.097	0.122646264	0.194	0.00339	1.88001	5.16617	-0.14533	-8.26902	-0.14432	0.02138	0.00535
2.05	0.03	0.031	0.064421681	0.062	0.00108	0.16470	3.66519	-0.40391	-21.99414	-0.38387	0.02872	0.00718
2.10	0.02	0.023	0.047124535	0.046	0.00080	4.81646	1.27409	-1.17501	-49.60029	-0.86569	0.02182	0.00546
2.15	0.06	0.081	0.110549085	0.162	0.00283	3.17249	6.21337	-17.66620	-86.76021	-1.51425	0.01120	0.00280



14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^2$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^4$ *Sr( $\omega$ )*SM
Sudut fase gerak relatif	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-299.52782	-89.80871	-1.56746	0.00000	1	2.83786	0.70947	0.503	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-64.96197	-89.11808	-1.55540	0.00000	4	2.86337	0.71584	0.512	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-95.52540	-89.40023	-1.56033	0.00000	2	2.93802	0.73450	0.539	4.4916E-271	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-63.44914	-89.09706	-1.55504	0.00000	4	3.02397	0.75599	0.572	4.01853E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-35.07549	-88.36694	-1.54229	0.00000	2	3.12023	0.78006	0.608	2.49992E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-28.23664	-87.97172	-1.53540	0.00000	4	3.24000	0.81000	0.656	2.7721E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-22.96697	-87.50687	-1.52728	0.00000	2	3.36572	0.84143	0.708	1.07412E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-22.78771	-87.48728	-1.52694	0.00052	4	3.49334	0.87334	0.763	0.00039955	0.00160	0.00064	0.00026	0.00004
-13.31390	-85.70461	-1.49583	0.27101	2	3.67656	0.91914	0.845	0.228954698	0.45791	0.22895	0.11448	0.02862
-11.06689	-84.83679	-1.48068	0.84641	4	3.71963	0.92991	0.865	0.731916961	2.92767	1.61022	0.88562	0.26790
-8.17560	-83.02649	-1.44909	1.51919	2	3.71315	0.92829	0.862	1.3091069	2.61821	1.57093	0.94256	0.33932
-6.26143	-80.92604	-1.41243	1.98585	4	3.63649	0.90912	0.827	1.641313299	6.56525	4.26741	2.77382	1.17194
-0.39919	-21.76161	-0.37981	2.15207	2	3.25918	0.81479	0.664	1.428737354	2.85747	2.00023	1.40016	0.68608
-0.10733	-6.12598	-0.10692	2.08206	4	3.16490	0.79122	0.626	1.303447371	5.21379	3.91034	2.93276	1.64968
0.02373	1.35928	0.02372	1.87893	2	3.13046	0.78262	0.612	1.150821242	2.30164	1.84131	1.47305	0.94275
0.13576	7.73101	0.13493	1.62459	4	3.06004	0.76501	0.585	0.950778303	3.80311	3.23265	2.74775	1.98525
0.27728	15.49773	0.27049	1.36867	2	2.93300	0.73325	0.538	0.735873132	1.47175	1.32457	1.19211	0.96561
0.49309	26.24727	0.45810	1.13568	4	2.74910	0.68727	0.472	0.536433921	2.14574	2.03845	1.93653	1.74772
0.91926	42.59105	0.74335	0.93473	2	2.55938	0.63984	0.409	0.382677783	0.76536	0.76536	0.76536	0.76536
2.07822	64.30397	1.12232	0.76670	4	2.46293	0.61573	0.379	0.290676436	1.16271	1.22084	1.28188	1.41328
9.73120	84.13275	1.46839	0.62874	2	2.54030	0.63508	0.403	0.253583211	0.50717	0.55788	0.61367	0.74254
-3.74472	-75.04846	-1.30984	0.51661	4	1.37766	0.34442	0.119	0.061280884	0.24512	0.28189	0.32418	0.42872
-0.55621	-29.08311	-0.50760	0.42594	2	1.29974	0.32493	0.106	0.044971361	0.08994	0.10793	0.12952	0.18651
0.29466	16.41794	0.28655	0.35274	4	1.43850	0.35962	0.129	0.045619528	0.18248	0.22810	0.28512	0.44550
0.31471	17.46950	0.30490	0.29360	2	1.59127	0.39782	0.158	0.046464296	0.09293	0.12081	0.15705	0.26541
1.66651	59.03389	1.03034	0.24569	4	1.77557	0.44389	0.197	0.048411216	0.19364	0.26142	0.35292	0.64319
-27.63856	-87.92787	-1.53463	0.20673	2	2.08324	0.52081	0.271	0.056074218	0.11215	0.15701	0.21981	0.43083
-1.52668	-56.77454	-0.99090	0.17489	4	2.09793	0.52448	0.275	0.048107789	0.19243	0.27903	0.40459	0.85064
-0.48457	-25.85340	-0.45123	0.14871	2	2.14674	0.53669	0.288	0.042833313	0.08567	0.12850	0.19275	0.43369
0.29049	16.19814	0.28271	0.12707	4	2.15232	0.53808	0.290	0.036790208	0.14716	0.22810	0.35355	0.84941
0.79579	38.51233	0.67217	0.11413	2	2.13638	0.53409	0.285	0.032557107	0.06511	0.10321	0.16358	0.41095
1.12237	48.29974	0.84299	0.10907	4	2.12624	0.53156	0.283	0.030818605	0.12327	0.19724	0.31558	0.80789
9.85105	84.20365	1.46963	0.09402	2	2.08226	0.52057	0.271	0.025478068	0.05096	0.08408	0.13873	0.37769
-1.47091	-55.79015	-0.97372	0.08137	4	1.96582	0.49145	0.242	0.019652217	0.07861	0.13364	0.22718	0.65655
-0.25271	-14.18241	-0.24753	0.07068	2	1.95651	0.48913	0.239	0.016910022	0.03382	0.05919	0.10357	0.31720
0.50011	26.57010	0.46374	0.06162	4	1.95257	0.48814	0.238	0.014682254	0.05873	0.10571	0.19028	0.61651
2.61579	69.07846	1.20565	0.05390	2	1.94748	0.48687	0.237	0.012776188	0.02555	0.04727	0.08745	0.29931
-2.53677	-68.48552	-1.19530	0.04730	4	2.04452	0.51113	0.261	0.012357462	0.04943	0.09392	0.17844	0.64417
-0.47505	-25.41024	-0.44349	0.04164	2	2.02967	0.50742	0.257	0.010721217	0.02144	0.04181	0.08153	0.31004
0.36751	20.17864	0.35218	0.03677	4	2.02138	0.50535	0.255	0.009389352	0.03756	0.07511	0.15023	0.60092
2.27234	66.24692	1.15623	0.03256	2	2.02871	0.50718	0.257	0.008374872	0.01675	0.03434	0.07039	0.29582
-2.17927	-65.35107	-1.14059	0.02891	4	1.97818	0.49454	0.245	0.007070697	0.02828	0.05939	0.12473	0.55005
-0.28634	-15.97829	-0.27887	0.02574	1	1.98880	0.49720	0.247	0.006362948	0.00636	0.01368	0.02941	0.13596
								$\Sigma =$	34.73678	27.41115	23.34060	23.26304
								$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$	

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Fullload*

## Hs 5 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Σz Sudut fase heave	ΣΘ Sudut fase pitch	Tg Θb Sudut fase gerakan vertikal haluan thd gelombang	Θb	Θb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian		degree	Radian	m	(m/m)
0.05	1.00	0.015	2.500501731	0.0375	0.00065	6.27407	1.58825	0.00120	0.06854	0.00120	2.49995	0.49999
0.10	1.00	0.058	2.50001557	0.145	0.00253	6.23047	1.53589	-0.01283	-0.73500	-0.01283	2.50023	0.50005
0.15	1.00	0.132	2.50205143	0.33	0.00576	6.13312	1.48353	-0.05935	-3.39638	-0.05928	2.49810	0.49962
0.20	1.00	0.235	2.508062736	0.5875	0.01025	6.00076	1.39626	-0.12146	-6.92538	-0.12087	2.49707	0.49941
0.25	1.01	0.367	2.520618227	0.9175	0.01601	5.85094	1.30900	-0.18209	-10.31976	-0.18011	2.49240	0.49848
0.30	1.02	0.529	2.548402474	1.3225	0.02308	5.64888	1.18682	-0.27869	-15.57267	-0.27179	2.48459	0.49692
0.35	1.04	0.721	2.597492733	1.8025	0.03146	5.41314	1.04720	-0.39744	-21.67474	-0.37830	2.46919	0.49384
0.40	1.08	0.939	2.695911827	2.3475	0.04097	5.13433	0.89012	-0.56838	-29.61293	-0.51684	2.43846	0.48769
0.50	1.18	1.445	2.940588301	3.6125	0.06305	4.52579	0.50615	-1.03566	-46.00369	-0.80292	2.34254	0.46851
0.55	1.24	1.719	3.099676992	4.2975	0.07501	4.16960	0.26180	-1.50727	-56.43764	-0.98502	2.26729	0.45346
0.60	1.30	1.995	3.256593945	4.9875	0.08705	3.80285	0.28319	-2.32675	-66.74274	-1.16488	2.17678	0.43536
0.65	1.40	2.259	3.495548049	5.6475	0.09857	3.43207	0.02139	-4.98931	-78.66646	-1.37299	2.04620	0.40924
0.70	1.46	2.492	3.640223533	6.23	0.10873	3.02513	5.70723	84.53463	89.32225	1.55897	1.91043	0.38209
0.75	1.49	2.672	3.713774615	6.68	0.11659	2.58853	5.35816	4.34159	77.02925	1.34441	1.76275	0.35255
0.80	1.50	2.773	3.752988922	6.9325	0.12099	2.13844	4.99164	2.01507	63.60661	1.11014	1.58313	0.31663
0.85	1.47	2.766	3.670258666	6.915	0.12069	1.63857	4.57276	1.15016	48.99493	0.85512	1.38747	0.27749
0.90	1.37	2.622	3.43398117	6.555	0.11441	1.09965	4.11898	0.70396	35.14415	0.61338	1.17634	0.23527
0.95	1.23	2.324	3.064516154	5.81	0.10140	0.51843	3.63028	0.41253	22.41741	0.39126	0.93658	0.18732
1.00	1.02	1.869	2.552248037	4.6725	0.08155	6.14609	3.08923	0.26551	14.86957	0.25952	0.70396	0.14079
1.05	0.79	1.297	1.963806267	3.2425	0.05659	5.40519	2.51327	0.36473	20.03825	0.34973	0.58503	0.11701
1.10	0.56	0.687	1.399163279	1.7175	0.02998	4.50974	1.88496	0.38245	20.92954	0.36529	0.69224	0.13845
1.15	0.42	0.149	1.042488653	0.3725	0.00650	3.36561	0.85521	0.04510	2.58246	0.04507	0.84925	0.16985
1.20	0.41	0.323	1.034921149	0.8075	0.01409	2.09021	4.22370	-0.52704	-27.79080	-0.48504	0.87537	0.17507
1.25	0.47	0.610	1.172967838	1.525	0.02662	1.02615	3.49066	-1.70659	-59.63118	-1.04076	0.74709	0.14942
1.30	0.49	0.744	1.228302889	1.86	0.03246	0.08756	2.80998	36.79942	88.44341	1.54363	0.52402	0.10480
1.35	0.46	0.729	1.138250411	1.8225	0.03181	5.48555	2.12930	1.89690	62.20288	1.08565	0.28055	0.05611
1.40	0.37	0.598	0.927831031	1.495	0.02609	4.58401	1.41372	2.26490	66.17755	1.15502	0.10407	0.02081
1.45	0.27	0.399	0.664736911	0.9975	0.01741	3.59112	0.62832	-2.61272	-69.05603	-1.20526	0.12242	0.02448
1.50	0.18	0.193	0.439846049	0.4825	0.00842	2.41837	5.95157	-11.42575	-84.99813	-1.48350	0.18377	0.03675
1.55	0.14	0.103	0.361614678	0.2575	0.00449	0.97561	3.92699	2.24704	66.00946	1.15208	0.19070	0.03814
1.59	0.15	0.164	0.37926319	0.41	0.00716	0.01249	2.72271	0.98146	44.46401	0.77604	0.17048	0.03410
1.60	0.16	0.189	0.390735932	0.4725	0.00825	5.95547	2.40855	0.71329	35.49973	0.61959	0.15781	0.03156
1.65	0.16	0.240	0.40045055	0.6	0.01047	4.85973	1.46608	0.13956	7.94507	0.13867	0.10291	0.02058
1.70	0.14	0.227	0.355104717	0.5675	0.00990	3.81778	0.61087	0.03755	2.15048	0.03753	0.04273	0.00855
1.75	0.11	0.183	0.274821062	0.4575	0.00798	2.65685	5.67232	-3.60090	-74.47959	-1.29991	0.05437	0.01087
1.80	0.07	0.119	0.178201689	0.2975	0.00519	1.53611	4.95674	-0.36656	-20.13115	-0.35135	0.05929	0.01186
1.85	0.04	0.022	0.103155448	0.055	0.00096	6.05466	3.01942	-0.29809	-16.59875	-0.28970	0.06567	0.01313
1.90	0.07	0.093	0.165797975	0.2325	0.00406	4.46057	0.97738	-0.58265	-30.22727	-0.52757	0.05566	0.01113
1.95	0.07	0.123	0.185548622	0.3075	0.00537	3.03138	6.03884	-1.48169	-55.98444	-0.97711	0.03709	0.00742
2.00	0.06	0.097	0.15330783	0.2425	0.00423	1.88001	5.16617	-0.14533	-8.26902	-0.14432	0.02673	0.00535
2.05	0.03	0.031	0.080527102	0.0775	0.00135	0.16470	3.66519	-0.40391	-21.99414	-0.38387	0.03590	0.00718
2.10	0.02	0.023	0.058905668	0.0575	0.00100	4.81646	1.27409	-1.17501	-49.60029	-0.86569	0.02728	0.00546
2.15	0.06	0.081	0.138186356	0.2025	0.00353	3.17249	6.21337	-17.66620	-86.76021	-1.51425	0.01400	0.00280

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
Sudut fase gerak relatif	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )		(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-299.52782	-89.80871	-1.56746	0.00000	1	3.54733	0.70947	0.503	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-64.96197	-89.11808	-1.55540	0.00000	4	3.57921	0.71584	0.512	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-95.52540	-89.40023	-1.56033	0.00000	2	3.67252	0.73450	0.539	7.0181E-271	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-63.44914	-89.09706	-1.55504	0.00000	4	3.77996	0.75599	0.572	6.27895E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-35.07549	-88.36694	-1.54229	0.00000	2	3.90029	0.78006	0.608	3.90613E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-28.23664	-87.97172	-1.53540	0.00000	4	4.05000	0.81000	0.656	4.33141E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-22.96697	-87.50687	-1.52728	0.00000	2	4.20715	0.84143	0.708	1.67831E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-22.78771	-87.48728	-1.52694	0.00082	4	4.36668	0.87334	0.763	0.000624296	0.00250	0.00100	0.00040	0.00006
-13.31390	-85.70461	-1.49583	0.42345	2	4.59570	0.91914	0.845	0.357741715	0.71548	0.35774	0.17887	0.04472
-11.06689	-84.83679	-1.48068	1.32252	4	4.64954	0.92991	0.865	1.143620252	4.57448	2.51596	1.38378	0.41859
-8.17560	-83.02649	-1.44909	2.37373	2	4.64143	0.92829	0.862	2.045479531	4.09096	2.45458	1.47275	0.53019
-6.26143	-80.92604	-1.41243	3.10289	4	4.54561	0.90912	0.827	2.56455203	10.25821	6.66784	4.33409	1.83115
-0.39919	-21.76161	-0.37981	3.36261	2	4.07397	0.81479	0.664	2.232402116	4.46480	3.12536	2.18775	1.07200
-0.10733	-6.12598	-0.10692	3.25322	4	3.95612	0.79122	0.626	2.036636517	8.14655	6.10991	4.58243	2.57762
0.02373	1.35928	0.02372	2.93583	2	3.91308	0.78262	0.612	1.798158191	3.59632	2.87705	2.30164	1.47305
0.13576	7.73101	0.13493	2.53843	4	3.82505	0.76501	0.585	1.485591099	5.94236	5.05101	4.29336	3.10195
0.27728	15.49773	0.27049	2.13855	2	3.66625	0.73325	0.538	1.149801768	2.29960	2.06964	1.86268	1.50877
0.49309	26.24727	0.45810	1.77450	4	3.43637	0.68727	0.472	0.838178001	3.35271	3.18508	3.02582	2.73080
0.91926	42.59105	0.74335	1.46051	2	3.19922	0.63984	0.409	0.597934036	1.19587	1.19587	1.19587	1.19587
2.07822	64.30397	1.12232	1.19797	4	3.07866	0.61573	0.379	0.454181931	1.81673	1.90756	2.00294	2.20824
9.73120	84.13275	1.46839	0.98240	2	3.17538	0.63508	0.403	0.396223768	0.79245	0.87169	0.95886	1.16022
-3.74472	-75.04846	-1.30984	0.80720	4	1.72208	0.34442	0.119	0.095751382	0.38301	0.44046	0.50652	0.66988
-0.55621	-29.08311	-0.50760	0.66552	2	1.62467	0.32493	0.106	0.070267752	0.14054	0.16864	0.20237	0.29141
0.29466	16.41794	0.28565	0.55115	4	1.79812	0.35962	0.129	0.071280513	0.28512	0.35640	0.44550	0.69610
0.31471	17.46950	0.30490	0.45875	2	1.98908	0.39782	0.158	0.072600463	0.14520	0.18876	0.24539	0.41471
1.66651	59.03389	1.03034	0.38389	4	2.21946	0.44389	0.197	0.075642525	0.30257	0.40847	0.55143	1.00499
-27.63856	-87.92787	-1.53463	0.32302	2	2.60405	0.52081	0.271	0.087615966	0.17523	0.24532	0.34345	0.67317
-1.52668	-56.77454	-0.99090	0.27326	4	2.62241	0.52448	0.275	0.07516842	0.30067	0.43598	0.63217	1.32913
-0.48457	-25.85340	-0.45123	0.23236	2	2.68343	0.53669	0.288	0.066927051	0.13385	0.20078	0.30117	0.67764
0.29049	16.19814	0.28271	0.19855	4	2.69040	0.53808	0.290	0.0574847	0.22994	0.35641	0.55243	1.32721
0.79579	38.51233	0.67217	0.17833	2	2.67047	0.53409	0.285	0.050870479	0.10174	0.16126	0.25560	0.64212
1.12237	48.29974	0.84299	0.17042	4	2.65780	0.53156	0.283	0.04815407	0.19262	0.30819	0.49310	1.26233
9.85105	84.20365	1.46963	0.14690	2	2.60283	0.52057	0.271	0.039809481	0.07962	0.13137	0.21676	0.59014
-1.47091	-55.79015	-0.97372	0.12713	4	2.45727	0.49145	0.242	0.030706588	0.12283	0.20880	0.35497	1.02586
-0.25271	-14.18241	-0.24753	0.11044	2	2.44564	0.48913	0.239	0.026421909	0.05284	0.09248	0.16183	0.49562
0.50011	26.57010	0.46374	0.09628	4	2.44071	0.48814	0.238	0.022941022	0.09176	0.16518	0.29732	0.96330
2.61579	69.07846	1.20565	0.08422	2	2.43435	0.48687	0.237	0.019962793	0.03993	0.07386	0.13665	0.46767
-2.53677	-68.48552	-1.19530	0.07391	4	2.55566	0.51113	0.261	0.019308534	0.07723	0.14674	0.27882	1.00652
-0.47505	-25.41024	-0.44349	0.06506	2	2.53709	0.50742	0.257	0.016751901	0.03350	0.06533	0.12740	0.48443
0.36751	20.17864	0.35218	0.05745	4	2.52673	0.50535	0.255	0.014670863	0.05868	0.11737	0.23473	0.93894
2.27234	66.24692	1.15623	0.05087	2	2.53589	0.50718	0.257	0.013085737	0.02617	0.05365	0.10999	0.46221
-2.17927	-65.35107	-1.14059	0.04517	4	2.47272	0.49454	0.245	0.011047964	0.04419	0.09280	0.19489	0.85945
-0.28634	-15.97829	-0.27887	0.04022	1	2.48600	0.49720	0.247	0.009942106	0.00994	0.02138	0.04596	0.21244
								$\Sigma =$	54.27621	42.82993	36.46969	36.34850
								$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 3$	$\Sigma 4$

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Fullload*

## Hs 6 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Ez	EΘ	Tg Eb	Eb	Eb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	Sudut fase gerakan vertikal haluan thd gelombang				
0.05	1.00	0.015	3.000602077	0.045	0.00079	6.27407	1.58825	0.00120	0.06854	0.00120	2.99994	0.49999
0.10	1.00	0.058	3.000018684	0.174	0.00304	6.23047	1.53589	-0.01283	-0.73500	-0.01283	3.00027	0.50005
0.15	1.00	0.132	3.002461717	0.396	0.00691	6.13312	1.48353	-0.05935	-3.39638	-0.05928	2.99772	0.49962
0.20	1.00	0.235	3.009675283	0.705	0.01230	6.00076	1.39626	-0.12146	-6.92538	-0.12087	2.99649	0.49941
0.25	1.01	0.367	3.024741873	1.101	0.01922	5.85094	1.30900	-0.18209	-10.31976	-0.18011	2.99088	0.49848
0.30	1.02	0.529	3.058082969	1.587	0.02770	5.64888	1.18682	-0.27869	-15.57267	-0.27179	2.98151	0.49692
0.35	1.04	0.721	3.11699128	2.163	0.03775	5.41314	1.04720	-0.39744	-21.67474	-0.37830	2.96303	0.49384
0.40	1.08	0.939	3.235094193	2.817	0.04917	5.13433	0.89012	-0.56838	-29.61293	-0.51684	2.92616	0.48769
0.50	1.18	1.445	3.528705961	4.335	0.07566	4.52579	0.50615	-1.03566	-46.00369	-0.80292	2.81105	0.46851
0.55	1.24	1.719	3.71961239	5.157	0.09001	4.16960	0.26180	-1.50727	-56.43764	-0.98502	2.72075	0.45346
0.60	1.30	1.995	3.907912734	5.985	0.10446	3.80285	6.28319	-2.32675	-66.74274	-1.16488	2.61213	0.43536
0.65	1.40	2.259	4.194657659	6.777	0.11828	3.43207	6.02139	-4.98931	-78.66646	-1.37299	2.45544	0.40924
0.70	1.46	2.492	4.368268239	7.476	0.13048	3.02513	5.70723	84.53463	89.32225	1.55897	2.29252	0.38209
0.75	1.49	2.672	4.456529538	8.016	0.13991	2.58853	5.35816	4.34159	77.02925	1.34441	2.11530	0.35255
0.80	1.50	2.773	4.503586707	8.319	0.14519	2.13844	4.99164	2.01507	63.60661	1.11014	1.89976	0.31663
0.85	1.47	2.766	4.404310399	8.298	0.14483	1.63857	4.57276	1.15016	48.99493	0.85512	1.66497	0.27749
0.90	1.37	2.622	4.120777404	7.866	0.13729	1.09965	4.11898	0.70396	35.14415	0.61338	1.41160	0.23527
0.95	1.23	2.324	3.677419384	6.972	0.12168	0.51843	3.63028	0.41253	22.41741	0.39126	1.12390	0.18732
1.00	1.02	1.869	3.062697645	5.607	0.09786	6.14609	3.08923	0.26551	14.86957	0.25952	0.84475	0.14079
1.05	0.79	1.297	2.356567521	3.891	0.06791	5.40519	2.51327	0.36473	20.03825	0.34973	0.70204	0.11701
1.10	0.56	0.687	1.678995935	2.061	0.03597	4.50974	1.88496	0.38245	20.92954	0.36529	0.83069	0.13845
1.15	0.42	0.149	1.250986384	0.447	0.00780	3.36561	0.85521	0.04510	2.58246	0.04507	1.01910	0.16985
1.20	0.41	0.323	1.241905378	0.969	0.01691	2.09021	4.22370	-0.52704	-27.79080	-0.48504	1.05044	0.17507
1.25	0.47	0.610	1.407561406	1.83	0.03194	1.02615	3.49066	-1.70659	-59.63118	-1.04076	0.89651	0.14942
1.30	0.49	0.744	1.473963467	2.232	0.03896	0.08756	2.80998	36.79942	88.44341	1.54363	0.62883	0.10480
1.35	0.46	0.729	1.365900494	2.187	0.03817	5.48555	2.12930	1.89690	62.20288	1.08565	0.33666	0.05611
1.40	0.37	0.598	1.113397237	1.794	0.03131	4.58401	1.41372	2.26490	66.17755	1.15502	0.12488	0.02081
1.45	0.27	0.399	0.797684293	1.197	0.02089	3.59112	0.62832	-2.61272	-69.05603	-1.20526	0.14690	0.02448
1.50	0.18	0.193	0.527815259	0.579	0.01011	2.41837	5.95157	-11.42575	-84.99813	-1.48350	0.22052	0.03675
1.55	0.14	0.103	0.433937614	0.309	0.00539	0.97561	3.92699	2.24704	66.00946	1.15208	0.22884	0.03814
1.59	0.15	0.164	0.455115828	0.492	0.00859	0.01249	2.72271	0.98146	44.46401	0.77604	0.20457	0.03410
1.60	0.16	0.189	0.468883118	0.567	0.00990	5.95547	2.40855	0.71329	35.49973	0.61959	0.18938	0.03156
1.65	0.16	0.240	0.48054066	0.72	0.01257	4.85973	1.46608	0.13956	7.94507	0.13867	0.12349	0.02058
1.70	0.14	0.227	0.426125661	0.681	0.01189	3.81778	0.61087	0.03755	2.15048	0.03753	0.05128	0.00855
1.75	0.11	0.183	0.329785274	0.549	0.00958	2.65685	5.67232	-3.60090	-74.47959	-1.29991	0.06524	0.01087
1.80	0.07	0.119	0.213842026	0.357	0.00623	1.53611	4.95674	-0.36656	-20.13115	-0.35135	0.07115	0.01186
1.85	0.04	0.022	0.123786538	0.066	0.00115	6.05466	3.01942	-0.29809	-16.59875	-0.28970	0.07880	0.01313
1.90	0.07	0.093	0.19895757	0.279	0.00487	4.46057	0.97738	-0.58265	-30.22727	-0.52757	0.06679	0.01113
1.95	0.07	0.123	0.222658347	0.369	0.00644	3.03138	6.03884	-1.48169	-55.98444	-0.97711	0.04451	0.00742
2.00	0.06	0.097	0.183969396	0.291	0.00508	1.88001	5.16617	-0.14533	-8.26902	-0.14432	0.03207	0.00535
2.05	0.03	0.031	0.096632522	0.093	0.00162	0.16470	3.66519	-0.40391	-21.99414	-0.38387	0.04308	0.00718
2.10	0.02	0.023	0.070686802	0.069	0.00120	4.81646	1.27409	-1.17501	-49.60029	-0.86569	0.03274	0.00546
2.15	0.06	0.081	0.165823627	0.243	0.00424	3.17249	6.21337	-17.66620	-86.76021	-1.51425	0.01681	0.00280

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
Sudut fase gerak relatif								RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-299.52782	-89.80871	-1.56746	0.00000	1	4.25679	0.70947	0.503	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-64.96197	-89.11808	-1.55540	0.00000	4	4.29506	0.71584	0.512	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-95.52540	-89.40023	-1.56033	0.00000	2	4.40702	0.73450	0.539	1.0106E-270	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-63.44914	-89.09706	-1.55504	0.00000	4	4.53595	0.75599	0.572	9.04169E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-35.07549	-88.36694	-1.54229	0.00000	2	4.68035	0.78006	0.608	5.62483E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-28.23664	-87.97172	-1.53540	0.00000	4	4.86000	0.81000	0.656	6.23723E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-22.96697	-87.50687	-1.52728	0.00000	2	5.04858	0.84143	0.708	2.41676E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-22.78771	-87.48728	-1.52694	0.00118	4	5.24001	0.87334	0.763	0.000898987	0.00360	0.00144	0.00058	0.00009
-13.31390	-85.70461	-1.49583	0.60978	2	5.51483	0.91914	0.845	0.51514807	1.03030	0.51515	0.25757	0.06439
-11.06689	-84.83679	-1.48068	1.90442	4	5.57945	0.92991	0.865	1.646813163	6.58725	3.62299	1.99264	0.60277
-8.17560	-83.02649	-1.44909	3.41817	2	5.56972	0.92829	0.862	2.945490525	5.89098	3.53459	2.12075	0.76347
-6.26143	-80.92604	-1.41243	4.46816	4	5.45474	0.90912	0.827	3.692954923	14.77182	9.60168	6.24109	2.63686
-0.39919	-21.76161	-0.37981	4.84216	2	4.88876	0.81479	0.664	3.214659046	6.42932	4.50052	3.15037	1.54368
-0.10733	-6.12598	-0.10692	4.68464	4	4.74735	0.79122	0.626	2.932756584	11.73103	8.79827	6.59870	3.71177
0.02373	1.35928	0.02372	4.22759	2	4.69570	0.78262	0.612	2.589347795	5.17870	4.14296	3.31437	2.12119
0.13576	7.73101	0.13493	3.65534	4	4.59006	0.76501	0.585	2.139251183	8.55700	7.27345	6.18244	4.46681
0.27728	15.49773	0.27049	3.07951	2	4.39950	0.73325	0.538	1.655714547	3.31143	2.98029	2.68226	2.17263
0.49309	26.24727	0.45810	2.55528	4	4.12364	0.68727	0.472	1.206976322	4.82791	4.58651	4.35718	3.93236
0.91926	42.59105	0.74335	2.10313	2	3.83907	0.63984	0.409	0.861025012	1.72205	1.72205	1.72205	1.72205
2.07822	64.30397	1.12232	1.72508	4	3.69439	0.61573	0.379	0.654021981	2.61609	2.74689	2.88424	3.17987
9.73120	84.13275	1.46839	1.41466	2	3.81045	0.63508	0.403	0.570562226	1.14112	1.25524	1.38076	1.67072
-3.74472	-75.04846	-1.30984	1.16237	4	2.06649	0.34442	0.119	0.13788199	0.55153	0.63426	0.72940	0.96463
-0.55621	-29.08311	-0.50760	0.95835	2	1.94961	0.32493	0.106	0.101185562	0.20237	0.24285	0.29141	0.41964
0.29466	16.41794	0.28655	0.79366	4	2.15775	0.35962	0.129	0.102643938	0.41058	0.51322	0.64152	1.00238
0.31471	17.46950	0.30490	0.66060	2	2.38690	0.39782	0.158	0.104544666	0.20909	0.27182	0.35336	0.59718
1.66651	59.03389	1.03034	0.55281	4	2.66335	0.44389	0.197	0.108925236	0.43570	0.58820	0.79406	1.44718
-27.63856	-87.92787	-1.53463	0.46514	2	3.12486	0.52081	0.271	0.126166991	0.25233	0.35327	0.49457	0.96937
-1.52668	-56.77454	-0.99090	0.39349	4	3.14689	0.52448	0.275	0.108242525	0.43297	0.62781	0.91032	1.91395
-0.48457	-25.85340	-0.45123	0.33460	2	3.22011	0.53669	0.288	0.096374953	0.19275	0.28912	0.43369	0.97580
0.29049	16.19814	0.28271	0.28591	4	3.22848	0.53808	0.290	0.082777968	0.33111	0.51322	0.79550	1.91118
0.79579	38.51233	0.67217	0.25680	2	3.20457	0.53409	0.285	0.07325349	0.14651	0.23221	0.36806	0.92465
1.12237	48.29974	0.84299	0.24541	4	3.18936	0.53156	0.283	0.069341861	0.27737	0.44379	0.71006	1.81776
9.85105	84.20365	1.46963	0.21154	2	3.12339	0.52057	0.271	0.057325653	0.11465	0.18917	0.31214	0.84980
-1.47091	-55.79015	-0.97372	0.18307	4	2.94873	0.49145	0.242	0.044217487	0.17687	0.30068	0.51115	1.47724
-0.25271	-14.18241	-0.24753	0.15903	2	2.93477	0.48913	0.239	0.038047549	0.07610	0.13317	0.23304	0.71369
0.50011	26.57010	0.46374	0.13864	4	2.92886	0.48814	0.238	0.033035071	0.13214	0.23785	0.42813	1.38716
2.61579	69.07846	1.20565	0.12127	2	2.92122	0.48687	0.237	0.028746422	0.05749	0.10636	0.19677	0.67344
-2.53677	-68.48552	-1.19530	0.10643	4	3.06679	0.51113	0.261	0.027804289	0.11122	0.21131	0.40149	1.44939
-0.47505	-25.41024	-0.44349	0.09369	2	3.04451	0.50742	0.257	0.024122738	0.04825	0.09408	0.18345	0.69758
0.36751	20.17864	0.35218	0.08273	4	3.03207	0.50535	0.255	0.021126042	0.08450	0.16901	0.33802	1.35207
2.27234	66.24692	1.15623	0.07326	2	3.04307	0.50718	0.257	0.018843461	0.03769	0.07726	0.15838	0.66559
-2.17927	-65.35107	-1.14059	0.06505	4	2.96727	0.49454	0.245	0.015909068	0.06364	0.13364	0.28064	1.23760
-0.28634	-15.97829	-0.27887	0.05791	1	2.98319	0.49720	0.247	0.014316632	0.01432	0.03078	0.06618	0.30591
								$\Sigma =$	78.15775	61.67509	52.51635	52.34184
								$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$	

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Fullload*

## Hs 4 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Σz Sudut fase heave	ΣΘ Sudut fase pitch	Tg Eb Sudut fase gerakan vertikal haluan thd gelombang	Eb degree	Eb Radian	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian				m	(m/m)
0.05	1.00	0.012	2.000297826	0.023333333	0.00041	6.27610	1.58825	0.00093	0.05331	0.00093	1.99997	0.49999
0.10	1.00	0.047	2.000394452	0.093329884	0.00163	6.23737	1.54611	-0.01373	-0.78675	-0.01373	2.00007	0.50002
0.15	1.00	0.106	1.999283518	0.21199216	0.00370	6.17218	1.49374	-0.03810	-2.18193	-0.03808	1.99965	0.49991
0.20	1.00	0.189	2.00093922	0.37787426	0.00660	6.06351	1.42692	-0.08987	-5.13561	-0.08963	1.99813	0.49953
0.25	1.00	0.295	2.004435843	0.59098383	0.01031	5.94044	1.34993	-0.14018	-7.97961	-0.13927	1.99621	0.49905
0.30	1.01	0.426	2.023073262	0.852455434	0.01488	5.76870	1.25856	-0.22546	-12.70566	-0.22176	1.98998	0.49749
0.35	1.02	0.581	2.043283981	1.162516522	0.02029	5.57653	1.13955	-0.31802	-17.64180	-0.30791	1.98133	0.49533
0.40	1.03	0.758	2.067735187	1.516543206	0.02647	5.35915	1.00326	-0.42663	-23.10455	-0.40325	1.96417	0.49104
0.50	1.09	1.172	2.174445675	2.344883392	0.04093	4.84280	0.68245	-0.74245	-36.59216	-0.63865	1.91070	0.47768
0.55	1.12	1.397	2.246169132	2.794392625	0.04877	4.54941	0.49153	-0.98482	-44.56174	-0.77775	1.86618	0.46655
0.60	1.16	1.631	2.318918737	3.261268567	0.05692	4.23437	0.27404	-1.32948	-53.05049	-0.92591	1.81698	0.45424
0.65	1.21	1.866	2.426316467	3.731961645	0.06514	3.90258	0.04744	-1.92409	-62.53792	-1.09149	1.74863	0.43716
0.70	1.25	2.081	2.492318769	4.162306813	0.07265	3.55667	6.07555	-3.06698	-71.94128	-1.25561	1.67776	0.41944
0.75	1.27	2.255	2.544870592	4.50913279	0.07870	3.20891	5.81158	-7.07971	-81.96023	-1.43048	1.59559	0.39890
0.80	1.27	2.396	2.549133355	4.791109032	0.08362	2.82821	5.51324	25.29763	87.73631	1.53129	1.50874	0.37719
0.85	1.26	2.458	2.510127529	4.915539017	0.08579	2.43598	5.19352	3.95051	75.79500	1.32287	1.41182	0.35296
0.90	1.19	2.438	2.381234117	4.876263232	0.08511	2.02423	4.85051	2.03064	63.78180	1.11320	1.31607	0.32902
0.95	1.10	2.327	2.193175179	4.65331072	0.08122	1.59785	4.48816	1.20310	50.26709	0.87733	1.20595	0.30149
1.00	0.96	2.100	1.912866111	4.200513735	0.07331	1.17536	4.12373	0.73486	36.31067	0.63374	1.07589	0.26897
1.05	0.80	1.810	1.595819216	3.619355709	0.06317	0.72629	3.73946	0.39486	21.54687	0.37606	0.92896	0.23224
1.10	0.63	1.471	1.265793682	2.942339598	0.05135	0.32167	3.38732	0.12081	6.88870	0.12023	0.76722	0.19180
1.15	0.48	1.149	0.962319599	2.297511433	0.04010	6.20866	3.05516	-0.10537	-6.01515	-0.10498	0.61776	0.15444
1.20	0.36	0.875	0.72154166	1.749540028	0.03054	5.84811	2.75882	-0.31455	-17.46077	-0.30475	0.48401	0.12100
1.25	0.27	0.659	0.547111882	1.317523858	0.02300	5.45468	2.46837	-0.47778	-25.53775	-0.44572	0.37515	0.09379
1.30	0.20	0.474	0.405267298	0.948284526	0.01655	4.94446	2.14294	-0.59202	-30.62633	-0.53453	0.30199	0.07550
1.35	0.14	0.294	0.279074147	0.588347655	0.01027	4.18999	1.76594	-0.71224	-35.45989	-0.61889	0.26727	0.06682
1.40	0.11	0.113	0.218879452	0.226305279	0.00395	3.04944	1.31952	-0.95324	-43.62861	-0.76146	0.24765	0.06191
1.45	0.13	0.056	0.259168106	0.112192994	0.00196	1.83835	4.00587	-1.61264	-58.19684	-1.01573	0.22505	0.05626
1.50	0.17	0.190	0.33536942	0.379235718	0.00662	0.91287	3.45864	-4.30888	-76.93417	-1.34275	0.18895	0.04724
1.55	0.19	0.271	0.380190761	0.542524875	0.00947	0.10378	2.87439	7.53004	82.43531	1.43877	0.13910	0.03477
1.59	0.19	0.294	0.383811763	0.588454264	0.01027	5.84118	2.45163	2.68156	69.54863	1.21385	0.09967	0.02492
1.60	0.19	0.295	0.378668842	0.590111343	0.01030	5.62968	2.28488	2.19136	65.47100	1.14268	0.08402	0.02101
1.65	0.16	0.264	0.329050377	0.527336504	0.00920	4.83214	1.63695	2.29138	66.42268	1.15929	0.03834	0.00959
1.70	0.13	0.192	0.250096021	0.384229251	0.00671	3.99331	0.98221	-1.75013	-60.25700	-1.05168	0.03637	0.00909
1.75	0.10	0.153	0.195026089	0.306896956	0.00536	3.01068	6.18517	0.28827	16.08091	0.28066	0.01735	0.00434
1.80	0.05	0.071	0.107108283	0.141382439	0.00247	2.04411	5.60964	1.27690	51.93389	0.90642	0.04406	0.01102
1.85	0.04	0.024	0.07649741	0.047696497	0.00083	0.53300	3.18931	1.12622	48.39720	0.84469	0.04989	0.01247
1.90	0.05	0.077	0.102013999	0.153447011	0.00268	5.51864	1.99691	0.84872	40.32197	0.70375	0.03936	0.00984
1.95	0.04	0.070	0.074394387	0.139453577	0.00243	4.32507	0.98421	0.43961	23.73078	0.41418	0.02729	0.00682
2.00	0.03	0.054	0.051886012	0.107820089	0.00188	3.72307	0.67455	1.22409	50.75351	0.88582	0.02299	0.00575
2.05	0.01	0.038	0.029352224	0.076005333	0.00133	3.90444	0.81170	1.19518	50.08090	0.87408	0.02299	0.00575
2.10	0.02	0.034	0.03377867	0.068788158	0.00120	3.29006	0.31137	0.81709	39.25186	0.68507	0.01501	0.00375
2.15	0.01	0.017	0.01416569	0.034059238	0.00059	2.52925	0.18215	1.08241	47.26626	0.82495	0.01686	0.00422

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
Sudut fase gerak relatif								RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-266.63110	-89.78511	-1.56705	0.00000	1	2.83729	0.70932	0.503	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-72.23124	-89.20682	-1.55695	0.00000	4	2.86545	0.71636	0.513	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-40.34229	-88.58005	-1.54601	0.00000	2	2.91938	0.72985	0.533	4.4348E-271	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-31.43968	-88.17821	-1.53900	0.00000	4	3.00326	0.75082	0.564	3.96368E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-19.56164	-87.07356	-1.51972	0.00000	2	3.09366	0.77342	0.598	2.45753E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-16.24287	-86.47701	-1.50931	0.00000	4	3.21126	0.80281	0.645	2.72313E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-12.32596	-85.36178	-1.48984	0.00000	2	3.33052	0.83263	0.693	1.05177E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-9.58047	-84.04110	-1.46679	0.00052	4	3.44790	0.86197	0.743	0.000389222	0.00156	0.00062	0.00025	0.00004
-6.13929	-80.74860	-1.40933	0.27101	2	3.65448	0.91362	0.835	0.226213822	0.45243	0.22621	0.11311	0.02828
-5.03147	-78.75900	-1.37460	0.84641	4	3.72001	0.93000	0.865	0.732064313	2.92826	1.61054	0.88580	0.26795
-4.07646	-76.21691	-1.33024	1.51919	2	3.75357	0.93839	0.881	1.337765892	2.67553	1.60532	0.96319	0.34675
-3.34213	-73.34227	-1.28006	1.98585	4	3.73599	0.93400	0.872	1.73235815	6.92943	4.50413	2.92769	1.23695
-2.65846	-69.38586	-1.21101	2.15207	2	3.67712	0.91928	0.845	1.81866466	3.63733	2.54613	1.78229	0.87332
-2.09172	-64.44864	-1.12484	2.08206	4	3.56954	0.89239	0.796	1.658054185	6.63222	4.97416	3.73062	2.09847
0.24473	13.75173	0.24001	1.87893	2	3.22991	0.80748	0.652	1.225095488	2.45019	1.96015	1.56812	1.00360
0.39036	21.32372	0.37217	1.62459	4	3.25816	0.81454	0.663	1.077880345	4.31152	3.66479	3.11507	2.25064
0.54630	28.64793	0.50000	1.36867	2	3.25642	0.81410	0.663	0.907108179	1.81422	1.63279	1.46952	1.19031
0.73035	36.14258	0.63081	1.13568	4	3.19775	0.79944	0.639	0.72581352	2.90325	2.75809	2.62019	2.36472
1.01043	45.29736	0.79059	0.93473	2	3.07342	0.76835	0.590	0.551832449	1.10366	1.10366	1.10366	1.10366
1.58630	57.77274	1.00832	0.76670	4	2.90450	0.72612	0.527	0.404248793	1.61700	1.69784	1.78274	1.96547
4.42333	77.26107	1.34846	0.62874	2	2.72950	0.68237	0.466	0.292762899	0.58553	0.64408	0.70849	0.85727
-3.08984	-72.06630	-1.25779	0.51661	4	1.41813	0.35453	0.126	0.064933725	0.25973	0.29870	0.34350	0.45428
-0.62848	-32.14854	-0.56110	0.42594	2	1.51720	0.37930	0.144	0.061278421	0.12256	0.14707	0.17648	0.25413
0.08807	5.03312	0.08784	0.35274	4	1.62696	0.40674	0.165	0.058355954	0.23342	0.29178	0.36472	0.56988
0.75138	36.92032	0.64438	0.29360	2	1.70149	0.42537	0.181	0.053124364	0.10625	0.13812	0.17956	0.30346
2.34336	66.89023	1.16745	0.24569	4	1.73537	0.43384	0.188	0.046244057	0.18498	0.24972	0.33712	0.61440
-10.08498	-84.33721	-1.47196	0.20673	2	2.24693	0.56173	0.316	0.065232581	0.13047	0.18265	0.25571	0.50119
-1.50409	-56.38193	-0.98405	0.17489	4	2.22505	0.55626	0.309	0.054114486	0.21646	0.31386	0.45510	0.95685
-0.49678	-26.41706	-0.46106	0.14871	2	2.18850	0.54712	0.299	0.044515647	0.08903	0.13355	0.20032	0.45072
0.29619	16.49857	0.28795	0.12707	4	2.13884	0.53471	0.286	0.036330765	0.14532	0.22525	0.34914	0.83881
0.82538	39.53564	0.69003	0.11413	2	2.09964	0.52491	0.276	0.031447117	0.06289	0.09969	0.15800	0.39694
1.18138	49.75314	0.86836	0.10907	4	2.08401	0.52100	0.271	0.029606732	0.11843	0.18948	0.30317	0.77612
14.76297	86.12487	1.50316	0.09402	2	2.03834	0.50959	0.260	0.024414597	0.04883	0.08057	0.13294	0.36192
-1.42086	-54.86215	-0.95753	0.08137	4	1.96363	0.49091	0.241	0.019608412	0.07843	0.13334	0.22667	0.65509
-0.27780	-15.52531	-0.27097	0.07068	2	1.98265	0.49566	0.246	0.017364886	0.03473	0.06078	0.10636	0.32573
0.46651	25.00947	0.43650	0.06162	4	1.95594	0.48899	0.239	0.014732977	0.05893	0.10608	0.19094	0.61864
2.48237	68.05838	1.18784	0.05390	2	1.95011	0.48753	0.238	0.012810727	0.02562	0.04740	0.08769	0.30012
-2.50097	-68.20626	-1.19042	0.04730	4	2.03935	0.50984	0.260	0.012295016	0.04918	0.09344	0.17754	0.64092
-0.45353	-24.39567	-0.42578	0.04164	2	2.02729	0.50682	0.257	0.010696014	0.02139	0.04171	0.08134	0.30931
0.37985	20.79932	0.36302	0.03677	4	2.02299	0.50575	0.256	0.009404336	0.03762	0.07523	0.15047	0.60188
2.34207	66.87887	1.16726	0.03256	2	2.02299	0.50575	0.256	0.008327706	0.01666	0.03414	0.06999	0.29415
-2.20417	-65.59693	-1.14488	0.02891	4	1.98499	0.49625	0.246	0.00711951	0.02848	0.05980	0.12559	0.55384
-0.30031	-16.71545	-0.29174	0.02574	1	1.98314	0.49578	0.246	0.006326801	0.00633	0.01360	0.02925	0.13519
								$\Sigma =$	40.11786	31.94451	27.27235	26.50101
								$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$	

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Fullload*

## Hs 5 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ø	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Σz Sudut fase heave	ΣΘ Sudut fase pitch	Tg Θb Sudut fase gerakan vertikal haluan thd gelombang	Θb	Θb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian		degree	Radian	m	(m/m)
0.05	1.00	0.012	2.500372283	0.029166667	0.00051	6.27610	1.58825	0.00093	0.05331	0.00093	2.49996	0.49999
0.10	1.00	0.047	2.500493065	0.116662355	0.00204	6.23737	1.54611	-0.01373	-0.78675	-0.01373	2.50008	0.50002
0.15	1.00	0.106	2.499104397	0.264990201	0.00462	6.17218	1.49374	-0.03810	-2.18193	-0.03808	2.49956	0.49991
0.20	1.00	0.189	2.501174025	0.472342826	0.00824	6.06351	1.42692	-0.08987	-5.13561	-0.08963	2.49767	0.49953
0.25	1.00	0.295	2.505544803	0.738729788	0.01289	5.94044	1.34993	-0.14018	-7.97961	-0.13927	2.49526	0.49905
0.30	1.01	0.426	2.528841578	1.065569292	0.01860	5.76870	1.25856	-0.22546	-12.70566	-0.22176	2.48747	0.49749
0.35	1.02	0.581	2.554104976	1.453145652	0.02536	5.57653	1.13955	-0.31802	-17.64180	-0.30791	2.47666	0.49533
0.40	1.03	0.758	2.584668984	1.895679007	0.03309	5.35915	1.00326	-0.42663	-23.10455	-0.40325	2.45521	0.49104
0.50	1.09	1.172	2.718057094	2.93110424	0.05116	4.84280	0.68245	-0.74245	-36.59216	-0.63865	2.38838	0.47768
0.55	1.12	1.397	2.807711414	3.492990781	0.06096	4.54941	0.49153	-0.98482	-44.56174	-0.77775	2.33273	0.46655
0.60	1.16	1.631	2.898648421	4.076585709	0.07115	4.23437	0.27404	-1.32948	-53.05049	-0.92591	2.27122	0.45424
0.65	1.21	1.866	3.032895584	4.664952057	0.08142	3.90258	0.04744	-1.92409	-62.53792	-1.09149	2.18578	0.43716
0.70	1.25	2.081	3.115398461	5.202883516	0.09081	3.55667	0.67055	-3.06698	-71.94128	-1.25561	2.09720	0.41944
0.75	1.27	2.255	3.181088241	5.636415988	0.09837	3.20891	5.81158	-7.07971	-81.96023	-1.43048	1.99448	0.39890
0.80	1.27	2.396	3.186416693	5.98888629	0.10453	2.82821	5.51324	25.29763	87.73631	1.53129	1.88593	0.37719
0.85	1.26	2.458	3.137659411	6.144423771	0.10724	2.43598	5.19352	3.95051	75.79500	1.32287	1.76478	0.35296
0.90	1.19	2.438	2.976542647	6.09532904	0.10638	2.02423	4.85051	2.03064	63.78180	1.11320	1.64509	0.32902
0.95	1.10	2.327	2.741468974	5.8166384	0.10152	1.59785	4.48816	1.20310	50.26709	0.87733	1.50744	0.30149
1.00	0.96	2.100	2.391082639	5.250642169	0.09164	1.17536	4.12373	0.73486	36.31067	0.63374	1.34487	0.26897
1.05	0.80	1.810	1.99477402	4.524194636	0.07896	0.72629	3.73946	0.39486	21.54687	0.37606	1.16121	0.23224
1.10	0.63	1.471	1.582242103	3.677924498	0.06419	0.32167	3.38732	0.12081	6.88870	0.12023	0.95902	0.19180
1.15	0.48	1.149	1.202899499	2.871889291	0.05012	6.20866	3.05516	-0.10537	-6.01515	-0.10498	0.77220	0.15444
1.20	0.36	0.875	0.901927075	2.186925035	0.03817	5.84811	2.75882	-0.31455	-17.46077	-0.30475	0.60501	0.12100
1.25	0.27	0.659	0.683889852	1.646904822	0.02874	5.45468	2.46837	-0.47778	-25.53775	-0.44572	0.46893	0.09379
1.30	0.20	0.474	0.506584123	1.185355658	0.02069	4.94446	2.14294	-0.59202	-30.62633	-0.53453	0.37748	0.07550
1.35	0.14	0.294	0.348842684	0.735434568	0.01284	4.18999	1.76594	-0.71224	-35.45989	-0.61889	0.33409	0.06682
1.40	0.11	0.113	0.273599315	0.282881599	0.00494	3.04944	1.31952	-0.95324	-43.62861	-0.76146	0.30956	0.06191
1.45	0.13	0.056	0.323960133	0.140241242	0.00245	1.83835	4.00587	-1.61264	-58.19684	-1.01573	0.28132	0.05626
1.50	0.17	0.190	0.419211774	0.474044647	0.00827	0.91287	3.45864	-4.30888	-76.93417	-1.34275	0.23619	0.04724
1.55	0.19	0.271	0.475238452	0.678156094	0.01184	0.10378	2.87439	7.53004	82.43531	1.43877	0.17387	0.03477
1.59	0.19	0.294	0.479764703	0.73556783	0.01284	5.84118	2.45163	2.68156	69.54863	1.21385	0.12459	0.02492
1.60	0.19	0.295	0.473336053	0.737639178	0.01287	5.62968	2.28488	2.19136	65.47100	1.14268	0.10503	0.02101
1.65	0.16	0.264	0.411312972	0.65917063	0.01150	4.83214	1.63695	2.29138	66.42268	1.15929	0.04793	0.00959
1.70	0.13	0.192	0.312620026	0.480286564	0.00838	3.99331	0.98221	-1.75013	-60.25700	-1.05168	0.04547	0.00909
1.75	0.10	0.153	0.243782611	0.383621195	0.00670	3.01068	6.18517	0.28827	16.08091	0.28066	0.02169	0.00434
1.80	0.05	0.071	0.133885354	0.176728049	0.00308	2.04411	5.60964	1.27690	51.93389	0.90642	0.05508	0.01102
1.85	0.04	0.024	0.095621763	0.059620621	0.00104	0.53300	3.18931	1.12622	48.39720	0.84469	0.06236	0.01247
1.90	0.05	0.077	0.127517498	0.191808764	0.00335	5.51864	1.99691	0.84872	40.32197	0.70375	0.04920	0.00984
1.95	0.04	0.070	0.092992984	0.174316971	0.00304	4.32507	0.98421	0.43961	23.73078	0.41418	0.03411	0.00682
2.00	0.03	0.054	0.064857514	0.134775111	0.00235	3.72307	0.67455	1.22409	50.75351	0.88582	0.02874	0.00575
2.05	0.01	0.038	0.036690279	0.095006667	0.00166	3.90444	0.81170	1.19518	50.08090	0.87408	0.02874	0.00575
2.10	0.02	0.034	0.042223338	0.085985198	0.00150	3.29006	0.31137	0.81709	39.25186	0.68507	0.01876	0.00375
2.15	0.01	0.017	0.017707112	0.042574048	0.00074	2.52925	0.18215	1.08241	47.26626	0.82495	0.02108	0.00422



14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
Sudut fase gerak relatif								RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-266.63110	-89.78511	-1.56705	0.00000	1	3.54661	0.70932	0.503	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-72.23124	-89.20682	-1.55695	0.00000	4	3.58181	0.71636	0.513	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-40.34229	-88.58005	-1.54601	0.00000	2	3.64923	0.72985	0.533	6.9293E-271	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-31.43968	-88.17821	-1.53900	0.00000	4	3.75408	0.75082	0.564	6.19325E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-19.56164	-87.07356	-1.51972	0.00000	2	3.86708	0.77342	0.598	3.83989E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-16.24287	-86.47701	-1.50931	0.00000	4	4.01407	0.80281	0.645	4.2549E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-12.32596	-85.36178	-1.48984	0.00000	2	4.16315	0.83263	0.693	1.64339E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-9.58047	-84.04110	-1.46679	0.00082	4	4.30987	0.86197	0.743	0.000608159	0.00243	0.00097	0.00039	0.00006
-6.13929	-80.74860	-1.40933	0.42345	2	4.56810	0.91362	0.835	0.353459097	0.70692	0.35346	0.17673	0.04418
-5.03147	-78.75900	-1.37460	1.32252	4	4.65001	0.93000	0.865	1.143850489	4.57540	2.51647	1.38406	0.41868
-4.07646	-76.21691	-1.33024	2.37373	2	4.69196	0.93839	0.881	2.090259206	4.18052	2.50831	1.50499	0.54180
-3.34213	-73.34227	-1.28006	3.10289	4	4.66999	0.93400	0.872	2.70680961	10.82724	7.03770	4.57451	1.93273
-2.65846	-69.38586	-1.21101	3.36261	2	4.59640	0.91928	0.845	2.841663532	5.68333	3.97833	2.78483	1.36457
-2.09172	-64.44864	-1.12484	3.25322	4	4.46193	0.89239	0.796	2.590709664	10.36284	7.77213	5.82910	3.27887
0.24473	13.75173	0.24001	2.93583	2	4.03738	0.80748	0.652	1.914211699	3.82842	3.06274	2.45019	1.56812
0.39036	21.32372	0.37217	2.53843	4	4.07270	0.81454	0.663	1.684188039	6.73675	5.72624	4.86730	3.51663
0.54630	28.64793	0.50000	2.13855	2	4.07052	0.81410	0.663	1.417356529	2.83471	2.55124	2.29612	1.85986
0.73035	36.14258	0.63081	1.77450	4	3.99719	0.79944	0.639	1.134083626	4.53633	4.30952	4.09404	3.69487
1.01043	45.29736	0.79059	1.46051	2	3.84177	0.76835	0.590	0.862238202	1.72448	1.72448	1.72448	1.72448
1.58630	57.77274	1.00832	1.19797	4	3.63062	0.72612	0.527	0.63163874	2.52655	2.65288	2.78553	3.07104
4.42333	77.26107	1.34846	0.98240	2	3.41187	0.68237	0.466	0.45744203	0.91488	1.00637	1.10701	1.33948
-3.08984	-72.06630	-1.25779	0.80720	4	1.77266	0.35453	0.126	0.101458946	0.40584	0.46671	0.53672	0.70981
-0.62848	-32.14854	-0.56110	0.66552	2	1.89650	0.37930	0.144	0.095747532	0.19150	0.22979	0.27575	0.39708
0.08807	5.03312	0.08784	0.55115	4	2.03370	0.40674	0.165	0.091181177	0.36472	0.45591	0.56988	0.89044
0.75138	36.92032	0.64438	0.45875	2	2.12686	0.42537	0.181	0.083006819	0.16601	0.21582	0.28056	0.47415
2.34336	66.89023	1.16745	0.38389	4	2.16921	0.43384	0.188	0.072256339	0.28903	0.39018	0.52675	0.96000
-10.08498	-84.33721	-1.47196	0.32302	2	2.80866	0.56173	0.316	0.101925907	0.20385	0.28539	0.39955	0.78312
-1.50409	-56.38193	-0.98405	0.27326	4	2.78131	0.55626	0.309	0.084553885	0.33822	0.49041	0.71110	1.49508
-0.49678	-26.41706	-0.46106	0.23236	2	2.73562	0.54712	0.299	0.069555698	0.13911	0.20867	0.31300	0.70425
0.29619	16.49857	0.28795	0.19855	4	2.67354	0.53471	0.286	0.05676682	0.22707	0.35195	0.54553	1.31063
0.82538	39.53564	0.69003	0.17833	2	2.62456	0.52491	0.276	0.04913612	0.09827	0.15576	0.24688	0.62022
1.18138	49.75314	0.86836	0.17042	4	2.60502	0.52100	0.271	0.046260519	0.18504	0.29607	0.47371	1.21269
14.76297	86.12487	1.50316	0.14690	2	2.54793	0.50959	0.260	0.038147808	0.07630	0.12589	0.20771	0.56550
-1.42086	-54.86215	-0.95753	0.12713	4	2.45453	0.49091	0.241	0.030638143	0.12255	0.20834	0.35418	1.02357
-0.27780	-15.52531	-0.27097	0.11044	2	2.47831	0.49566	0.246	0.027132635	0.05427	0.09496	0.16619	0.50895
0.46651	25.00947	0.43650	0.09628	4	2.44493	0.48899	0.239	0.023020277	0.09208	0.16575	0.29834	0.96663
2.48237	68.05838	1.18784	0.08422	2	2.43764	0.48753	0.238	0.020016761	0.04003	0.07406	0.13701	0.46893
-2.50097	-68.20626	-1.19042	0.07391	4	2.54919	0.50984	0.260	0.019210963	0.07684	0.14600	0.27741	1.00144
-0.45353	-24.39567	-0.42578	0.06506	2	2.53411	0.50682	0.257	0.016712522	0.03343	0.06518	0.12710	0.48329
0.37985	20.79932	0.36302	0.05745	4	2.52874	0.50575	0.256	0.014694275	0.05878	0.11755	0.23511	0.94043
2.34207	66.87887	1.16726	0.05087	2	2.52874	0.50575	0.256	0.01301204	0.02602	0.05335	0.10937	0.45961
-2.20417	-65.59693	-1.14488	0.04517	4	2.48124	0.49625	0.246	0.011124234	0.04450	0.09344	0.19623	0.86538
-0.30031	-16.71545	-0.29174	0.04022	1	2.47892	0.49578	0.246	0.009885627	0.00989	0.02125	0.04570	0.21123
								$\Sigma =$	62.68415	49.91330	42.61304	41.40782
									$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Fullload*

## Hs 6 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Σz	ΣΘ	Tg Eb	Σb	Σb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	Sudut fase gerakan vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.05	1.00	0.012	3.00044674	0.035	0.00061	6.27610	1.58825	0.00093	0.05331	0.00093	2.99995	0.49999
0.10	1.00	0.047	3.000591678	0.139994826	0.00244	6.23737	1.54611	-0.01373	-0.78675	-0.01373	3.00010	0.50002
0.15	1.00	0.106	2.998925277	0.317988241	0.00555	6.17218	1.49374	-0.03810	-2.18193	-0.03808	2.99948	0.49991
0.20	1.00	0.189	3.00140883	0.566811391	0.00989	6.06351	1.42692	-0.08987	-5.13561	-0.08963	2.99720	0.49953
0.25	1.00	0.295	3.006653764	0.886475745	0.01547	5.94044	1.34993	-0.14018	-7.97961	-0.13927	2.99431	0.49905
0.30	1.01	0.426	3.034609893	1.27868315	0.02232	5.76870	1.25856	-0.22546	-12.70566	-0.22176	2.98497	0.49749
0.35	1.02	0.581	3.064925971	1.743774782	0.03043	5.57653	1.13955	-0.31802	-17.64180	-0.30791	2.97199	0.49533
0.40	1.03	0.758	3.101602781	2.274814809	0.03970	5.35915	1.00326	-0.42663	-23.10455	-0.40325	2.94626	0.49104
0.50	1.09	1.172	3.261668513	3.517325088	0.06139	4.84280	0.68245	-0.74245	-36.59216	-0.63865	2.86605	0.47768
0.55	1.12	1.397	3.369253697	4.191588937	0.07316	4.54941	0.49153	-0.98482	-44.56174	-0.77775	2.79927	0.46655
0.60	1.16	1.631	3.478378105	4.891902851	0.08538	4.23437	0.27404	-1.32948	-53.05049	-0.92591	2.72547	0.45424
0.65	1.21	1.866	3.639474701	5.597942468	0.09770	3.90258	0.04744	-1.92409	-62.53792	-1.09149	2.62294	0.43716
0.70	1.25	2.081	3.738478153	6.243460219	0.10897	3.55667	6.07555	-3.06698	-71.94128	-1.25561	2.51664	0.41944
0.75	1.27	2.255	3.817305889	6.763699186	0.11805	3.20891	5.81158	-7.07971	-81.96023	-1.43048	2.39338	0.39890
0.80	1.27	2.396	3.823700032	7.186663548	0.12543	2.82821	5.51324	25.29763	87.73631	1.53129	2.26311	0.37719
0.85	1.26	2.458	3.765191293	7.373308525	0.12869	2.43598	5.19352	3.95051	75.79500	1.32287	2.11773	0.35296
0.90	1.19	2.438	3.571851176	7.314394849	0.12766	2.02423	4.85051	2.03064	63.78180	1.11320	1.97410	0.32902
0.95	1.10	2.327	3.289762769	6.97996608	0.12182	1.59785	4.48816	1.20310	50.26709	0.87733	1.80892	0.30149
1.00	0.96	2.100	2.869299167	6.300770602	0.10997	1.17536	4.12373	0.73486	36.31067	0.63374	1.61384	0.26897
1.05	0.80	1.810	2.393728824	5.429033563	0.09475	0.72629	3.73946	0.39486	21.54687	0.37606	1.39345	0.23224
1.10	0.63	1.471	1.898690523	4.413509398	0.07703	0.32167	3.38732	0.12081	6.88870	0.12023	1.15083	0.19180
1.15	0.48	1.149	1.443479398	3.446267149	0.06015	6.20866	3.05516	-0.10537	-6.01515	-0.10498	0.92664	0.15444
1.20	0.36	0.875	1.082312491	2.624310042	0.04580	5.84811	2.75882	-0.31455	-17.46077	-0.30475	0.72601	0.12100
1.25	0.27	0.659	0.820667822	1.976285787	0.03449	5.45468	2.46837	-0.47778	-25.53775	-0.44572	0.56272	0.09379
1.30	0.20	0.474	0.607900947	1.422426789	0.02483	4.94446	2.14294	-0.59202	-30.62633	-0.53453	0.45298	0.07550
1.35	0.14	0.294	0.418611221	0.882521482	0.01544	4.18999	1.76594	-0.71224	-35.45989	-0.61889	0.40090	0.06682
1.40	0.11	0.113	0.328319178	0.339457918	0.00592	3.04944	1.31952	-0.95324	-43.62861	-0.76146	0.37148	0.06191
1.45	0.13	0.056	0.388752159	0.168289491	0.00294	1.83835	4.00587	-1.61264	-58.19684	-1.01573	0.33758	0.05626
1.50	0.17	0.190	0.503054129	0.568853577	0.00993	0.91287	3.45864	-4.30888	-76.93417	-1.34275	0.28343	0.04724
1.55	0.19	0.271	0.570286142	0.813787313	0.01420	0.10378	2.87439	7.53004	82.43531	1.43877	0.20865	0.03477
1.59	0.19	0.294	0.575717644	0.882681396	0.01541	5.84118	2.45163	2.68156	69.54863	1.21385	0.14951	0.02492
1.60	0.19	0.295	0.568003264	0.885167014	0.01545	5.62968	2.28488	2.19136	65.47100	1.14268	0.12603	0.02101
1.65	0.16	0.264	0.493575566	0.791004756	0.01381	4.83214	1.63695	2.29138	66.42268	1.15929	0.05751	0.00959
1.70	0.13	0.192	0.375144031	0.576343876	0.01006	3.99331	0.98221	-1.75013	-60.25700	-1.05168	0.05456	0.00909
1.75	0.10	0.153	0.292539134	0.460345434	0.00803	3.01068	6.18517	0.28827	16.08091	0.28066	0.02602	0.00434
1.80	0.05	0.071	0.160662425	0.212073659	0.00370	2.04411	5.60964	1.27690	51.93389	0.90642	0.06609	0.01102
1.85	0.04	0.024	0.114746115	0.071544745	0.00125	0.53300	3.18931	1.12622	48.39720	0.84469	0.07483	0.01247
1.90	0.05	0.077	0.153020998	0.230170517	0.00402	5.51864	1.99691	0.84872	40.32197	0.70375	0.05904	0.00984
1.95	0.04	0.070	0.111591581	0.209180365	0.00365	4.32507	0.98421	0.43961	23.73078	0.41418	0.04093	0.00682
2.00	0.03	0.054	0.077829017	0.161730133	0.00282	3.72307	0.67455	1.22409	50.75351	0.88582	0.03449	0.00575
2.05	0.01	0.038	0.044028335	0.114008	0.00199	3.90444	0.81170	1.19518	50.08090	0.87408	0.03449	0.00575
2.10	0.02	0.034	0.050668005	0.103182238	0.00180	3.29006	0.31137	0.81709	39.25186	0.68507	0.02251	0.00375
2.15	0.01	0.017	0.021248535	0.051088857	0.00089	2.52925	0.18215	1.08241	47.26626	0.82495	0.02529	0.00422

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^2$ *Sr( $\omega$ )*SM	$\omega^4$ *Sr( $\omega$ )*SM
Sudut fase gerak relatif								RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-266.63110	-89.78511	-1.56705	0.00000	1	4.25593	0.70932	0.503	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-72.23124	-89.20682	-1.55695	0.00000	4	4.29818	0.71636	0.513	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-40.34229	-88.58005	-1.54601	0.00000	2	4.37908	0.72985	0.533	9.9783E-271	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-31.43968	-88.17821	-1.53900	0.00000	4	4.50489	0.75082	0.564	8.91827E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-19.56164	-87.07356	-1.51972	0.00000	2	4.64049	0.77342	0.598	5.52945E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-16.24287	-86.47701	-1.50931	0.00000	4	4.81689	0.80281	0.645	6.12705E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-12.32596	-85.36178	-1.48984	0.00000	2	4.99578	0.83263	0.693	2.36648E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-9.58047	-84.04110	-1.46679	0.00118	4	5.17184	0.86197	0.743	0.000875749	0.00350	0.00140	0.00056	0.00009
-6.13929	-80.74860	-1.40933	0.60978	2	5.48173	0.91362	0.835	0.5089811	1.01796	0.50898	0.25449	0.06362
-5.03147	-78.75900	-1.37460	1.90442	4	5.58001	0.93000	0.865	1.647144705	6.58858	3.62372	1.99305	0.60290
-4.07646	-76.21691	-1.33024	3.41817	2	5.63035	0.93839	0.881	3.009973257	6.01995	3.61197	2.16718	0.78019
-3.34213	-73.34227	-1.28006	4.46816	4	5.60398	0.93400	0.872	3.897805838	15.59122	10.13430	6.58729	2.78313
-2.65846	-69.38586	-1.21101	4.84216	2	5.51568	0.91928	0.845	4.091995486	8.18399	5.72879	4.01016	1.96498
-2.09172	-64.44864	-1.12484	4.68464	4	5.35431	0.89239	0.796	3.730621917	14.92249	11.19187	8.39390	4.72157
0.24473	13.75173	0.24001	4.22759	2	4.84486	0.80748	0.652	2.756464847	5.51293	4.41034	3.52828	2.25810
0.39036	21.32372	0.37217	3.65534	4	4.88724	0.81454	0.663	2.425230777	9.70092	8.24578	7.00892	5.06394
0.54630	28.64793	0.50000	3.07951	2	4.88463	0.81410	0.663	2.040993402	4.08199	3.67379	3.30641	2.67819
0.73035	36.14258	0.63081	2.55528	4	4.79662	0.79944	0.639	1.633080421	6.53232	6.20571	5.89542	5.32062
1.01043	45.29736	0.79059	2.10313	2	4.61013	0.76835	0.590	1.241623011	2.48325	2.48325	2.48325	2.48325
1.58630	57.77274	1.00832	1.72508	4	4.35675	0.72612	0.527	0.909559785	3.63824	3.82015	4.01116	4.42230
4.42333	77.26107	1.34846	1.41466	2	4.09425	0.68237	0.466	0.658716524	1.31743	1.44918	1.59409	1.92885
-3.08984	-72.06630	-1.25779	1.16237	4	2.12719	0.35453	0.126	0.146100882	0.58440	0.67206	0.77287	1.02213
-0.62848	-32.14854	-0.56110	0.95835	2	2.27580	0.37930	0.144	0.137876446	0.27575	0.33090	0.39708	0.57180
0.08807	5.03312	0.08784	0.79366	4	2.44044	0.40674	0.165	0.131300895	0.52520	0.65650	0.82063	1.28224
0.75138	36.92032	0.64438	0.66060	2	2.55224	0.42537	0.181	0.11952982	0.23906	0.31078	0.40401	0.68278
2.34336	66.89023	1.16745	0.55281	4	2.60305	0.43384	0.188	0.104049129	0.41620	0.56187	0.75852	1.38240
-10.08498	-84.33721	-1.47196	0.46514	2	3.37040	0.56173	0.316	0.146773306	0.29355	0.41097	0.57535	1.12769
-1.50409	-56.38193	-0.98405	0.39349	4	3.33758	0.55626	0.309	0.121757594	0.48703	0.70619	1.02398	2.15292
-0.49678	-26.41706	-0.46106	0.33460	2	3.28274	0.54712	0.299	0.100160205	0.20032	0.30048	0.45072	1.01412
0.29619	16.49857	0.28795	0.28591	4	3.20825	0.53471	0.286	0.081744221	0.32698	0.50681	0.78556	1.88731
0.82538	39.53564	0.69003	0.25680	2	3.14947	0.52491	0.276	0.070756013	0.14151	0.22430	0.35551	0.89312
1.18138	49.75314	0.86836	0.24541	4	3.12602	0.52100	0.271	0.066615148	0.26646	0.42634	0.68214	1.74628
14.76297	86.12487	1.50316	0.21154	2	3.05751	0.50959	0.260	0.054932843	0.10987	0.18128	0.29911	0.81433
-1.42086	-54.86215	-0.95753	0.18307	4	2.94544	0.49091	0.241	0.044118927	0.17648	0.30001	0.51001	1.47394
-0.27780	-15.52531	-0.27097	0.15903	2	2.97398	0.49566	0.246	0.039070995	0.07814	0.13675	0.23931	0.73289
0.46651	25.00947	0.43650	0.13864	4	2.93391	0.48899	0.239	0.033149199	0.13260	0.23867	0.42961	1.39195
2.48237	68.05838	1.18784	0.12127	2	2.92517	0.48753	0.238	0.028824135	0.05765	0.10665	0.19730	0.67526
-2.50097	-68.20626	-1.19042	0.10643	4	3.05903	0.50984	0.260	0.027663787	0.11066	0.21024	0.39947	1.44207
-0.45353	-24.39567	-0.42578	0.09369	2	3.04093	0.50682	0.257	0.024066032	0.04813	0.09386	0.18302	0.69594
0.37985	20.79932	0.36302	0.08273	4	3.03449	0.50575	0.256	0.021159756	0.08464	0.16928	0.33856	1.35422
2.34207	66.87887	1.16726	0.07326	2	3.03449	0.50575	0.256	0.018737338	0.03747	0.07682	0.15749	0.66184
-2.20417	-65.59693	-1.14488	0.06505	4	2.97749	0.49625	0.246	0.016018897	0.06408	0.13456	0.28257	1.24615
-0.30031	-16.71545	-0.29174	0.05791	1	2.97471	0.49578	0.246	0.014235303	0.01424	0.03061	0.06580	0.30417
								$\Sigma =$	90.26518	71.87515	61.36278	59.62726
									$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Fullload*

## Hs 4 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Εz Sudut fase heave	ΕΘ Sudut fase pitch	Tg Εb Sudut fase gerakan	Εb	Εb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.05	1.00	0.007	2.000157875	0.013333333	0.00023	6.27913	1.58825	0.00053	0.03046	0.00053	1.99998	0.50000
0.10	1.00	0.027	2.000015072	0.054666667	0.00095	6.25493	1.55334	-0.00946	-0.54176	-0.00946	1.99996	0.49999
0.15	1.00	0.062	1.997641844	0.124	0.00216	6.22221	1.50098	-0.01833	-1.05036	-0.01833	2.00021	0.50005
0.20	1.00	0.111	1.992897671	0.221333333	0.00386	6.15759	1.44862	-0.04939	-2.82751	-0.04935	1.99818	0.49955
0.25	0.99	0.173	1.983309798	0.346666667	0.00605	6.08420	1.37881	-0.07944	-4.54180	-0.07927	1.99593	0.49898
0.30	0.99	0.251	1.971943124	0.501561738	0.00875	5.97782	1.30775	-0.13185	-7.51137	-0.13110	1.98745	0.49686
0.35	0.97	0.343	1.945436114	0.68587673	0.01197	5.86092	1.20250	-0.18375	-10.41197	-0.18172	1.97691	0.49423
0.40	0.95	0.449	1.899997551	0.898304656	0.01568	5.73245	1.08016	-0.23529	-13.24050	-0.23109	1.96229	0.49057
0.50	0.88	0.706	1.766601065	1.411221745	0.02463	5.38178	0.79940	-0.38902	-21.25700	-0.37100	1.90214	0.47553
0.55	0.84	0.853	1.675959814	1.706851578	0.02979	5.16352	0.64175	-0.48219	-25.74276	-0.44930	1.85501	0.46375
0.60	0.78	1.013	1.551557098	2.026919836	0.03538	4.89884	0.44960	-0.59555	-30.77591	-0.53714	1.79583	0.44896
0.65	0.71	1.182	1.417310794	2.364777377	0.04127	4.57531	0.24038	-0.73382	-36.27193	-0.63306	1.71880	0.42970
0.70	0.64	1.357	1.286667875	2.714439379	0.04738	4.18741	0.01453	-0.88927	-41.64588	-0.72686	1.63468	0.40867
0.75	0.61	1.531	1.229312551	3.061143716	0.05343	3.73007	0.67020	-1.08413	-47.31163	-0.82574	1.52780	0.38195
0.80	0.61	1.695	1.211848284	3.390943765	0.05918	3.29673	5.79673	-1.34492	-53.36787	-0.93145	1.42569	0.35642
0.85	0.67	1.840	1.337631318	3.680082867	0.06423	2.62873	5.50558	-1.75466	-60.32075	-1.05280	1.28808	0.32202
0.90	0.77	1.947	1.536125347	3.893083397	0.06795	2.09928	5.18262	-2.41782	-67.53022	-1.17862	1.14709	0.28677
0.95	0.89	1.993	1.785206594	3.98663366	0.06958	1.61461	4.83005	-3.85411	-75.45458	-1.31693	0.97009	0.24252
1.00	1.00	1.957	2.002573273	3.914199644	0.06832	1.17746	4.46545	-6.93888	-81.79925	-1.42767	0.76819	0.19205
1.05	1.07	1.818	2.136103311	3.636553458	0.06347	0.73524	4.05797	-8.7590	-83.57190	-1.45860	0.55473	0.13868
1.10	1.07	1.583	2.140427165	3.166020436	0.05526	0.33191	3.66061	-2.87192	-70.80191	-1.23573	0.40498	0.10124
1.15	0.99	1.282	1.987019337	2.563254373	0.04474	6.20965	3.26102	-1.53738	-56.95779	-0.99410	0.42467	0.10617
1.20	0.84	0.954	1.685329515	1.907768011	0.03330	5.81601	2.88488	-1.80606	-61.02711	-1.06512	0.48686	0.12171
1.25	0.64	0.632	1.273639855	1.263863766	0.02206	5.44942	2.54159	-3.26133	-72.95323	-1.27327	0.47314	0.11828
1.30	0.40	0.335	0.793819984	0.669722571	0.01169	5.14644	2.30713	-15.43574	-86.29329	-1.50610	0.37977	0.09494
1.35	0.18	0.130	0.351924259	0.260664651	0.00455	5.09407	2.69843	8.09545	82.95814	1.44789	0.25164	0.06291
1.40	0.11	0.192	0.224370465	0.384652284	0.00671	6.20694	3.61263	11.44139	85.00493	1.48362	0.13765	0.03441
1.45	0.22	0.309	0.446066499	0.617569939	0.01078	6.16348	3.49020	-1.76809	-60.50826	-1.05607	0.08325	0.02081
1.50	0.30	0.368	0.594056432	0.735445773	0.01284	6.22645	3.18480	-0.63226	-32.30357	-0.56380	0.10392	0.02598
1.55	0.31	0.367	0.628987548	0.734741706	0.01282	5.90931	2.80547	-0.58107	-30.15948	-0.52638	0.12555	0.03139
1.59	0.29	0.335	0.588120305	0.669739723	0.01169	5.69201	2.54500	-0.64324	-32.75094	-0.57161	0.12760	0.03190
1.60	0.28	0.317	0.559727962	0.634748197	0.01108	5.59935	2.44032	-0.71723	-35.64924	-0.62220	0.12354	0.03088
1.65	0.21	0.233	0.416555582	0.465646955	0.00813	5.29916	2.06705	-0.83532	-39.87266	-0.69591	0.10186	0.02546
1.70	0.12	0.140	0.244949164	0.279672711	0.00488	5.10871	1.81103	-0.80258	-38.74982	-0.67631	0.06257	0.01564
1.75	0.05	0.044	0.096253134	0.088516649	0.00154	5.16200	0.69731	-0.53788	-28.27483	-0.49349	0.10048	0.02512
1.80	0.05	0.017	0.106899375	0.034870841	0.00061	6.19856	3.14653	-0.11091	-6.32875	-0.11046	0.08304	0.02076
1.85	0.09	0.072	0.181462278	0.144942548	0.00253	0.02921	3.12918	0.07999	4.57339	0.07982	0.08198	0.02050
1.90	0.11	0.105	0.217106648	0.210626489	0.00368	6.04668	2.72608	0.09671	5.52376	0.09641	0.07891	0.01973
1.95	0.08	0.081	0.163214829	0.1627218	0.00284	5.75812	2.24300	0.08021	4.58601	0.08004	0.07178	0.01794
2.00	0.05	0.054	0.094681995	0.108315787	0.00189	5.57578	1.77312	0.20062	11.34405	0.19799	0.05813	0.01453
2.05	0.02	0.019	0.048785041	0.038065278	0.00066	6.13707	1.51254	0.38218	20.91592	0.36505	0.05330	0.01333
2.10	0.03	0.010	0.057075308	0.020538444	0.00036	6.0152	4.60454	0.40094	21.84777	0.38132	0.04906	0.01227
2.15	0.05	0.037	0.099830657	0.074627966	0.00130	6.39376	3.46884	0.50018	26.57336	0.46379	0.04874	0.01219

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
Sudut fase gerak relatif	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-231.20393	-89.75219	-1.56647	0.00000	1	2.83649	0.70912	0.503	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-66.77167	-89.14198	-1.55582	0.00000	4	2.86380	0.71595	0.513	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-27.01488	-87.88007	-1.53380	0.00000	2	2.90304	0.72576	0.527	4.3853E-271	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-19.46192	-87.05859	-1.51946	0.00000	4	2.97737	0.74434	0.554	3.89563E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-12.51116	-85.43014	-1.49104	0.00000	2	3.05685	0.76421	0.584	2.3994E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-9.70570	-84.11745	-1.46813	0.00000	4	3.15982	0.78996	0.624	2.6366E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-7.17080	-82.06105	-1.43224	0.00000	2	3.26270	0.81567	0.665	1.00937E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-5.33233	-79.37840	-1.38541	0.00052	4	3.36388	0.84097	0.707	0.000370485	0.00148	0.00059	0.00024	0.00004
-3.40056	-73.61300	-1.28479	0.27101	2	3.55303	0.88826	0.789	0.213828639	0.42766	0.21383	0.10691	0.02673
-2.75163	-70.02779	-1.22222	0.84641	4	3.61869	0.90467	0.818	0.692730162	2.77092	1.52401	0.83820	0.25356
-2.24413	-65.98190	-1.15160	1.51919	2	3.65663	0.91416	0.836	1.269561577	2.53912	1.52347	0.91408	0.32907
-1.83295	-61.38452	-1.07136	1.98585	4	3.65456	0.91364	0.835	1.657668465	6.63067	4.30994	2.80146	1.18362
-1.46881	-55.75208	-0.97306	2.15207	2	3.61661	0.90415	0.817	1.759298287	3.51860	2.46302	1.72411	0.84482
-1.15658	-49.15262	-0.85788	2.08206	4	3.52754	0.88189	0.778	1.619265684	6.47706	4.85780	3.64335	2.04938
-0.87844	-41.29748	-0.72078	1.87893	2	3.41638	0.85409	0.729	1.370634075	2.74127	2.19301	1.75441	1.12282
-0.61775	-31.70565	-0.55337	1.62459	4	3.24966	0.81241	0.660	1.072259504	4.28904	3.64568	3.09883	2.23890
-0.34511	-19.04018	-0.33231	1.36867	2	3.07562	0.76890	0.591	0.809177677	1.61836	1.45652	1.31087	1.06180
-0.00491	-0.28146	-0.00491	1.13568	4	2.89282	0.72321	0.523	0.593991074	2.37596	2.25717	2.14431	1.93524
0.55631	29.08780	0.50768	0.93473	2	2.73097	0.68274	0.466	0.435710582	0.87142	0.87142	0.87142	0.87142
2.19549	65.51169	1.14339	0.76670	4	2.55030	0.63757	0.407	0.311665488	1.24666	1.30900	1.37444	1.51533
-9.94582	-84.25851	-1.47059	0.62874	2	1.59559	0.39890	0.159	0.100044273	0.20009	0.22010	0.24211	0.29295
-1.44538	-55.32222	-0.96555	0.51661	4	1.57534	0.39383	0.155	0.080128413	0.32051	0.36859	0.42388	0.56058
-0.35035	-19.30783	-0.33699	0.42594	2	1.52162	0.38040	0.145	0.061636243	0.12327	0.14793	0.17751	0.25562
0.23476	13.21159	0.23059	0.35274	4	1.54428	0.38607	0.149	0.052575333	0.21030	0.26288	0.32860	0.51343
0.77937	37.93181	0.66203	0.29360	2	1.62603	0.40651	0.165	0.048516782	0.09703	0.12614	0.16399	0.27714
1.49010	56.13463	0.97973	0.24569	4	1.74883	0.43721	0.191	0.046964094	0.18786	0.25361	0.34237	0.62397
-38.83961	-88.52514	-1.54506	0.20673	2	2.13765	0.53441	0.286	0.059041472	0.11808	0.16532	0.23144	0.45363
-1.50231	-56.35065	-0.98350	0.17489	4	2.08325	0.52081	0.271	0.047437085	0.18975	0.27514	0.39895	0.83878
-0.41893	-22.73050	-0.39672	0.14871	2	2.10392	0.52598	0.277	0.041141331	0.08228	0.12342	0.18514	0.41656
0.18557	10.51274	0.18348	0.12707	4	2.12545	0.53136	0.282	0.035877565	0.14351	0.22244	0.34478	0.82834
0.69317	34.72857	0.60613	0.11413	2	2.12739	0.53185	0.283	0.032283715	0.06457	0.10234	0.16221	0.40750
1.02120	45.60098	0.79589	0.10907	4	2.12332	0.53083	0.282	0.030734076	0.12294	0.19670	0.31472	0.80568
9.63368	84.07378	1.46736	0.09402	2	2.10177	0.52544	0.276	0.025957756	0.05192	0.08566	0.14134	0.38480
-1.45371	-55.47603	-0.96824	0.08137	4	1.93743	0.48436	0.235	0.019088734	0.07635	0.12980	0.22067	0.63772
-0.26017	-14.58347	-0.25453	0.07068	2	1.89952	0.47488	0.226	0.015939295	0.03188	0.05579	0.09763	0.29899
0.50698	26.88428	0.46922	0.06162	4	1.91698	0.47924	0.230	0.014151851	0.05661	0.10189	0.18341	0.59424
2.70464	69.70892	1.21665	0.05390	2	1.91808	0.47952	0.230	0.012393282	0.02479	0.04586	0.08483	0.29034
-2.36931	-67.11717	-1.17142	0.04730	4	2.07886	0.51972	0.270	0.01277601	0.05110	0.09710	0.18449	0.66599
-0.44510	-23.99405	-0.41878	0.04164	2	2.07177	0.51794	0.268	0.011170519	0.02234	0.04357	0.08495	0.32303
0.36820	20.21365	0.35279	0.03677	4	2.05813	0.51453	0.265	0.009733867	0.03894	0.07787	0.15574	0.62297
2.24478	65.98808	1.15171	0.03256	2	2.05329	0.51332	0.264	0.008579029	0.01716	0.03517	0.07211	0.30303
-2.30937	-66.58646	-1.16215	0.02891	4	1.95095	0.48774	0.238	0.006877432	0.02751	0.05777	0.12132	0.53501
-0.31048	-17.24833	-0.30104	0.02574	1	1.95126	0.48782	0.238	0.006125041	0.00613	0.01317	0.02831	0.13088
								$\Sigma =$	37.77314	29.83370	25.27312	24.49389
									$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Fullload*

## Hs 5 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Єz Sudut fase heave	Єθ Sudut fase pitch	Tg Єb Sudut fase gerakan vertikal haluan thd gelombang	Єb	Єb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian		degree	Radian	m	(m/m)
0.05	1.00	0.007	2.500197344	0.016666667	0.00029	6.27913	1.58825	0.00053	0.03046	0.00053	2.49998	0.50000
0.10	1.00	0.027	2.50001884	0.068333333	0.00119	6.25493	1.55334	-0.00946	-0.54176	-0.00946	2.49995	0.49999
0.15	1.00	0.062	2.497052305	0.155	0.00271	6.22221	1.50098	-0.01833	-1.05036	-0.01833	2.50027	0.50005
0.20	1.00	0.111	2.491122089	0.276666667	0.00483	6.15759	1.44862	-0.04939	-2.82751	-0.04935	2.49773	0.49955
0.25	0.99	0.173	2.479137248	0.433333333	0.00756	6.08420	1.37881	-0.07944	-4.54180	-0.07927	2.49491	0.49898
0.30	0.99	0.251	2.464928905	0.626952172	0.01094	5.97782	1.30775	-0.13185	-7.51137	-0.13110	2.48432	0.49686
0.35	0.97	0.343	2.431795142	0.857345913	0.01496	5.86092	1.20250	-0.18375	-10.41197	-0.18172	2.47114	0.49423
0.40	0.95	0.449	2.374996939	1.12288082	0.01960	5.73245	1.08016	-0.23529	-13.24050	-0.23109	2.45287	0.49057
0.50	0.88	0.706	2.208251331	1.764027181	0.03079	5.38178	0.79940	-0.38902	-21.25700	-0.37100	2.37767	0.47553
0.55	0.84	0.853	2.094949767	2.133564473	0.03724	5.16352	0.64175	-0.48219	-25.74276	-0.44930	2.31876	0.46375
0.60	0.78	1.013	1.939446373	2.533649795	0.04422	4.89884	0.44960	-0.59555	-30.77591	-0.53714	2.24479	0.44896
0.65	0.71	1.182	1.771638493	2.955971721	0.05159	4.57531	0.24038	-0.73382	-36.27193	-0.63306	2.14849	0.42970
0.70	0.64	1.357	1.608334844	3.393049224	0.05922	4.18741	0.01453	-0.88927	-41.64588	-0.72686	2.04335	0.40867
0.75	0.61	1.531	1.536640689	3.826429646	0.06678	3.73007	0.60720	-1.08413	-47.31163	-0.82574	1.90975	0.38195
0.80	0.61	1.695	1.514810355	4.238679706	0.07398	3.18615	5.79673	-1.34492	-53.36787	-0.93145	1.78211	0.35642
0.85	0.67	1.840	1.672039148	4.600103584	0.08029	2.62873	5.50558	-1.75466	-60.32075	-1.05280	1.61010	0.32202
0.90	0.77	1.947	1.920156684	4.866354246	0.08493	2.09928	5.18262	-2.41782	-67.53022	-1.17862	1.43386	0.28677
0.95	0.89	1.993	2.231508243	4.983292075	0.08697	1.61461	4.83005	-3.85411	-75.45458	-1.31693	1.21261	0.24252
1.00	1.00	1.957	2.503216591	4.892749555	0.08539	1.17746	4.46545	-6.93888	-81.79925	-1.42767	0.96024	0.19205
1.05	1.07	1.818	2.670129139	4.545691823	0.07934	0.73524	4.05797	-8.87590	-83.57190	-1.45860	0.69342	0.13868
1.10	1.07	1.583	2.675533956	3.957525545	0.06907	0.33191	3.66061	-2.87192	-70.80191	-1.23573	0.50622	0.10124
1.15	0.99	1.282	2.483774171	3.204067967	0.05592	6.20965	3.26102	-1.53738	-56.95779	-0.99410	0.53084	0.10617
1.20	0.84	0.954	2.106661893	2.384710014	0.04162	5.81601	2.88488	-1.80606	-61.02711	-1.06512	0.60857	0.12171
1.25	0.64	0.632	1.592049818	1.579829708	0.02757	5.44942	2.54159	-3.26133	-72.95323	-1.27327	0.59142	0.11828
1.30	0.40	0.335	0.99227498	0.837153214	0.01461	5.14644	2.30713	-15.43574	-86.29329	-1.50610	0.47472	0.09494
1.35	0.18	0.130	0.439905323	0.325830814	0.00569	5.09407	2.69843	8.09545	82.95814	1.44789	0.31455	0.06291
1.40	0.11	0.192	0.280463081	0.480815356	0.00839	6.20694	3.61263	11.44139	85.00493	1.48362	0.17206	0.03441
1.45	0.22	0.309	0.557583123	0.771962424	0.01347	0.16348	3.49020	-1.76809	-60.50826	-1.05607	0.10407	0.02081
1.50	0.30	0.368	0.74257054	0.919307216	0.01604	6.22645	3.18480	-0.63226	-32.30357	-0.56380	0.12990	0.02598
1.55	0.31	0.367	0.786234435	0.918427132	0.01603	5.90931	2.80547	-0.58107	-30.15948	-0.52638	0.15694	0.03139
1.59	0.29	0.335	0.735150382	0.837174654	0.01461	5.69201	2.54500	-0.64324	-32.75094	-0.57161	0.15950	0.03190
1.60	0.28	0.317	0.699659952	0.793435246	0.01385	5.59935	2.44032	-0.71723	-35.64924	-0.62220	0.15442	0.03088
1.65	0.21	0.233	0.520694774	0.582058694	0.01016	5.29916	2.06705	-0.83532	-39.87266	-0.69591	0.12732	0.02546
1.70	0.12	0.140	0.306186455	0.349590889	0.00610	5.10871	1.81103	-0.80258	-38.74982	-0.67631	0.07822	0.01564
1.75	0.05	0.044	0.120316417	0.110645811	0.00193	5.16200	0.69731	-0.53788	-28.27483	-0.49349	0.12560	0.02512
1.80	0.05	0.017	0.133624219	0.043588552	0.00076	6.19856	3.14653	-0.11091	-6.32875	-0.11046	0.10380	0.02076
1.85	0.09	0.072	0.226827847	0.181178185	0.00316	0.02921	3.12918	0.07999	4.57339	0.07982	0.10248	0.02050
1.90	0.11	0.105	0.271383309	0.263283112	0.00460	6.04668	2.72608	0.09671	5.52376	0.09641	0.09864	0.01973
1.95	0.08	0.081	0.204018536	0.20340225	0.00355	5.75812	2.24300	0.08021	4.58601	0.08004	0.08972	0.01794
2.00	0.05	0.054	0.118352494	0.135394733	0.00236	5.57578	1.77312	0.20062	11.34405	0.19799	0.07266	0.01453
2.05	0.02	0.019	0.060981302	0.047581597	0.00083	6.13707	1.51254	0.38218	20.91592	0.36505	0.06663	0.01333
2.10	0.03	0.010	0.071344135	0.025673055	0.00045	0.60152	4.60454	0.40094	21.84777	0.38132	0.06133	0.01227
2.15	0.05	0.037	0.124788321	0.093284958	0.00163	0.39376	3.46884	0.50018	26.57336	0.46379	0.06093	0.01219

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
Sudut fase gerak relatif	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-231.20393	-89.75219	-1.56647	0.00000	1	3.54561	0.70912	0.503	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-66.77167	-89.14198	-1.55582	0.00000	4	3.57974	0.71595	0.513	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-27.01488	-87.88007	-1.53380	0.00000	2	3.62880	0.72576	0.527	6.852E-271	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-19.46192	-87.05859	-1.51946	0.00000	4	3.72171	0.74434	0.554	6.08692E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-12.51116	-85.43014	-1.49104	0.00000	2	3.82106	0.76421	0.584	3.74906E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-9.70570	-84.11745	-1.46813	0.00000	4	3.94978	0.78996	0.624	4.11969E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-7.17080	-82.06105	-1.43224	0.00000	2	4.07837	0.81567	0.665	1.57714E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-5.33233	-79.37840	-1.38541	0.00082	4	4.20485	0.84097	0.707	0.000578882	0.00232	0.00093	0.00037	0.00006
-3.40056	-73.61300	-1.28479	0.42345	2	4.44129	0.88826	0.789	0.334107249	0.66821	0.33411	0.16705	0.04176
-2.75163	-70.02779	-1.22222	1.32252	4	4.52336	0.90467	0.818	1.082390878	4.32956	2.38126	1.30969	0.39618
-2.24413	-65.98190	-1.15160	2.37373	2	4.57079	0.91416	0.836	1.983689965	3.96738	2.38043	1.42826	0.51417
-1.83295	-61.38452	-1.07136	3.10289	4	4.56820	0.91364	0.835	2.590106976	10.36043	6.73428	4.37728	1.84940
-1.46881	-55.75208	-0.97306	3.36261	2	4.52076	0.90415	0.817	2.748903573	5.49781	3.84847	2.69393	1.32002
-1.15658	-49.15262	-0.85788	3.25322	4	4.40943	0.88189	0.778	2.530102632	10.12041	7.59031	5.69273	3.20216
-0.87844	-41.29748	-0.72078	2.93583	2	4.27047	0.85409	0.729	2.141615743	4.28323	3.42659	2.74127	1.75441
-0.61775	-31.70565	-0.55337	2.53843	4	4.06207	0.81241	0.660	1.675405476	6.70162	5.69638	4.84192	3.49829
-0.34511	-19.04018	-0.33231	2.13855	2	3.84452	0.76890	0.591	1.26434012	2.52868	2.27581	2.04823	1.65907
-0.00491	-0.28146	-0.00491	1.77450	4	3.61603	0.72321	0.523	0.928111054	3.71244	3.52682	3.35048	3.02381
0.55631	29.08780	0.50768	1.46051	2	3.41371	0.68274	0.466	0.680797784	1.36160	1.36160	1.36160	1.36160
2.19549	65.51169	1.14339	1.19797	4	3.18787	0.63757	0.407	0.486977326	1.94791	2.04530	2.14757	2.36770
-9.94582	-84.25851	-1.47059	0.98240	2	1.99449	0.39890	0.159	0.156319177	0.31264	0.34390	0.37829	0.45773
-1.44538	-55.32222	-0.96555	0.80720	4	1.96917	0.39383	0.155	0.125200646	0.50080	0.57592	0.66231	0.87591
-0.35035	-19.30783	-0.33699	0.66552	2	1.90202	0.38040	0.145	0.096306629	0.19261	0.23114	0.27736	0.39940
0.23476	13.21159	0.23059	0.55115	4	1.93035	0.38607	0.149	0.082148958	0.32860	0.41074	0.51343	0.80224
0.77937	37.93181	0.66203	0.45875	2	2.03254	0.40651	0.165	0.075807472	0.15161	0.19710	0.25623	0.43303
1.49010	56.13463	0.97973	0.38389	4	2.18603	0.43721	0.191	0.073381397	0.29353	0.39626	0.53495	0.97495
-38.83961	-88.52514	-1.54506	0.32302	2	2.67206	0.53441	0.286	0.092252299	0.18450	0.25831	0.36163	0.70879
-1.50231	-56.35065	-0.98350	0.27326	4	2.60407	0.52081	0.271	0.074120445	0.29648	0.42990	0.62335	1.31060
-0.41893	-22.73050	-0.39672	0.23236	2	2.62990	0.52598	0.277	0.06428333	0.12857	0.19285	0.28927	0.65087
0.18557	10.51274	0.18348	0.19855	4	2.65682	0.53136	0.282	0.056058695	0.22423	0.34756	0.53872	1.29428
0.69317	34.72857	0.60613	0.17833	2	2.65924	0.53185	0.283	0.050443304	0.10089	0.15991	0.25345	0.63672
1.02120	45.60098	0.79589	0.17042	4	2.65415	0.53083	0.282	0.048021993	0.19209	0.30734	0.49175	1.25887
9.63368	84.07378	1.46736	0.14690	2	2.62721	0.52544	0.276	0.040558994	0.08112	0.13384	0.22084	0.60125
-1.45371	-55.47603	-0.96824	0.12713	4	2.42179	0.48436	0.235	0.029826147	0.11930	0.20282	0.34479	0.99644
-0.26017	-14.58347	-0.25453	0.11044	2	2.37441	0.47488	0.226	0.024905149	0.04981	0.08717	0.15254	0.46717
0.50698	26.88428	0.46922	0.09628	4	2.39622	0.47924	0.230	0.022112268	0.08845	0.15921	0.28657	0.92850
2.70464	69.70892	1.21665	0.08422	2	2.39760	0.47952	0.230	0.019364504	0.03873	0.07165	0.13255	0.45365
-2.36931	-67.11717	-1.17142	0.07391	4	2.59858	0.51972	0.270	0.019962515	0.07985	0.15172	0.28826	1.04061
-0.44510	-23.99405	-0.41878	0.06506	2	2.58971	0.51794	0.268	0.017453936	0.03491	0.06807	0.13274	0.50473
0.36820	20.21365	0.35279	0.05745	4	2.57266	0.51453	0.265	0.015209167	0.06084	0.12167	0.24335	0.97339
2.24478	65.98808	1.15171	0.05087	2	2.56662	0.51332	0.264	0.013404732	0.02681	0.05496	0.11267	0.47348
-2.30937	-66.58646	-1.16215	0.04517	4	2.43869	0.48774	0.238	0.010745987	0.04298	0.09027	0.18956	0.83596
-0.31048	-17.24833	-0.30104	0.04022	1	2.43908	0.48782	0.238	0.009570376	0.00957	0.02058	0.04424	0.20450
								$\Sigma =$	59.02052	46.61515	39.48924	38.27170
									$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Fullload*

## Hs 6 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Єz	ЄΘ	Tg Єb Sudut fase gerakan	Єb	Єb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.05	1.00	0.007	3.000236812	0.02	0.00035	6.27913	1.58825	0.00053	0.03046	0.00053	2.99997	0.50000
0.10	1.00	0.027	3.000022608	0.082	0.00143	6.25493	1.55334	-0.00946	-0.54176	-0.00946	2.99994	0.49999
0.15	1.00	0.062	2.996462766	0.186	0.00325	6.22221	1.50098	-0.01833	-1.05036	-0.01833	3.00032	0.50005
0.20	1.00	0.111	2.989346507	0.332	0.00579	6.15759	1.44862	-0.04939	-2.82751	-0.04935	2.99727	0.49955
0.25	0.99	0.173	2.974964698	0.52	0.00908	6.08420	1.37881	-0.07944	-4.54180	-0.07927	2.99389	0.49898
0.30	0.99	0.251	2.957914686	0.752342607	0.01313	5.97782	1.30775	-0.13185	-7.51137	-0.13110	2.98118	0.49686
0.35	0.97	0.343	2.91815417	1.028815096	0.01796	5.86092	1.20250	-0.18375	-10.41197	-0.18172	2.96537	0.49423
0.40	0.95	0.449	2.849996327	1.347456984	0.02352	5.73245	1.08016	-0.23529	-13.24050	-0.23109	2.94344	0.49057
0.50	0.88	0.706	2.649901598	2.116832618	0.03695	5.38178	0.79940	-0.38902	-21.25700	-0.37100	2.85321	0.47553
0.55	0.84	0.853	2.513939721	2.560277368	0.04469	5.16352	0.64175	-0.48219	-25.74276	-0.44930	2.78251	0.46375
0.60	0.78	1.013	2.327335647	3.040379755	0.05306	4.89884	0.44960	-0.59555	-30.77591	-0.53714	2.69375	0.44896
0.65	0.71	1.182	2.125966192	3.547166065	0.06191	4.57531	0.24038	-0.73382	-36.27193	-0.63306	2.57819	0.42970
0.70	0.64	1.357	1.930001813	4.071659069	0.07106	4.18741	0.01453	-0.88927	-41.64588	-0.72686	2.45202	0.40867
0.75	0.61	1.531	1.843968827	4.591715575	0.08014	3.73007	0.67230	-1.08413	-47.31163	-0.82574	2.29170	0.38195
0.80	0.61	1.695	1.817772426	5.086415647	0.08877	3.18615	5.79673	-1.34492	-53.36787	-0.93145	2.13853	0.35642
0.85	0.67	1.840	2.006446977	5.520124301	0.09634	2.62873	5.50558	-1.75466	-60.32075	-1.05280	1.93212	0.32202
0.90	0.77	1.947	2.304188021	5.839625095	0.10192	2.09928	5.18262	-2.41782	-67.53022	-1.17862	1.72064	0.28677
0.95	0.89	1.993	2.677809891	5.97995049	0.10437	1.61461	4.83005	-3.85411	-75.45458	-1.31693	1.45514	0.24252
1.00	1.00	1.957	3.003859909	5.871299466	0.10247	1.17746	4.46545	-6.93888	-81.79925	-1.42767	1.15228	0.19205
1.05	1.07	1.818	3.204154967	5.454830187	0.09520	0.73524	4.05797	-8.87590	-83.57190	-1.45860	0.83210	0.13868
1.10	1.07	1.583	3.210640748	4.749030654	0.08289	0.33191	3.66061	-2.87192	-70.80191	-1.23573	0.60746	0.10124
1.15	0.99	1.282	2.980529005	3.84488156	0.06711	6.20965	3.26102	-1.53738	-56.95779	-0.99410	0.63701	0.10617
1.20	0.84	0.954	2.527994272	2.861652017	0.04995	5.81601	2.88488	-1.80606	-61.02711	-1.06512	0.73028	0.12171
1.25	0.64	0.632	1.910459782	1.89579565	0.03309	5.44942	2.54159	-3.26133	-72.95323	-1.27327	0.70970	0.11828
1.30	0.40	0.335	1.190729975	1.004583857	0.01753	5.14644	2.30713	-15.43574	-86.29329	-1.50610	0.56966	0.09494
1.35	0.18	0.130	0.527886388	0.390996977	0.00682	5.09407	2.69843	8.09545	82.95814	1.44789	0.37745	0.06291
1.40	0.11	0.192	0.336555698	0.576978427	0.01007	6.20694	3.61263	11.44139	85.00493	1.48362	0.20648	0.03441
1.45	0.22	0.309	0.669099748	0.926354909	0.01617	0.16348	3.49020	-1.76809	-60.50826	-1.05607	0.12488	0.02081
1.50	0.30	0.368	0.891084648	1.103168659	0.01925	6.22645	3.18480	-0.63226	-32.30357	-0.56380	0.15588	0.02598
1.55	0.31	0.367	0.943481322	1.102112558	0.01924	5.90931	2.80547	-0.58107	-30.15948	-0.52638	0.18833	0.03139
1.59	0.29	0.335	0.882180458	1.004609584	0.01753	5.69201	2.54500	-0.64324	-32.75094	-0.57161	0.19140	0.03190
1.60	0.28	0.317	0.839591943	0.952122296	0.01662	5.59935	2.44032	-0.71723	-35.64924	-0.62220	0.18531	0.03088
1.65	0.21	0.233	0.624833729	0.698470433	0.01219	5.29916	2.06705	-0.83532	-39.87266	-0.69591	0.15279	0.02546
1.70	0.12	0.140	0.367423746	0.419509067	0.00732	5.10871	1.81103	-0.80258	-38.74982	-0.67631	0.09386	0.01564
1.75	0.05	0.044	0.144379701	0.132774974	0.00232	5.16200	0.69731	-0.53788	-28.27483	-0.49349	0.15072	0.02512
1.80	0.05	0.017	0.160349063	0.052306262	0.00091	6.19856	3.14653	-0.11091	-6.32875	-0.11046	0.12457	0.02076
1.85	0.09	0.072	0.272193417	0.217413823	0.00379	0.02921	3.12918	0.07999	4.57339	0.07982	0.12297	0.02050
1.90	0.11	0.105	0.325659971	0.315939734	0.00551	6.04668	2.72608	0.09671	5.52376	0.09641	0.11837	0.01973
1.95	0.08	0.081	0.244822243	0.2440827	0.00426	5.75812	2.24300	0.08021	4.58601	0.08004	0.10767	0.01794
2.00	0.05	0.054	0.142022993	0.16247368	0.00284	5.57578	1.77312	0.20062	11.34405	0.19799	0.08720	0.01453
2.05	0.02	0.019	0.073177562	0.057097917	0.00100	6.13707	1.51254	0.38218	20.91592	0.36505	0.07995	0.01333
2.10	0.03	0.010	0.085612962	0.030807666	0.00054	6.0152	4.60454	0.40094	21.84777	0.38132	0.07359	0.01227
2.15	0.05	0.037	0.149745985	0.111941949	0.00195	0.39376	3.46884	0.50018	26.57336	0.46379	0.07312	0.01219



14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
Sudut fase gerak relatif								RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
-231.20393	-89.75219	-1.56647	0.00000	1	4.25473	0.70912	0.503	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-66.77167	-89.14198	-1.55582	0.00000	4	4.29569	0.71595	0.513	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-27.01488	-87.88007	-1.53380	0.00000	2	4.35456	0.72576	0.527	9.8668E-271	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-19.46192	-87.05859	-1.51946	0.00000	4	4.46605	0.74434	0.554	8.76516E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-12.51116	-85.43014	-1.49104	0.00000	2	4.58528	0.76421	0.584	5.39864E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-9.70570	-84.11745	-1.46813	0.00000	4	4.73973	0.78996	0.624	5.93235E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-7.17080	-82.06105	-1.43224	0.00000	2	4.89405	0.81567	0.665	2.27108E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-5.33233	-79.37840	-1.38541	0.00118	4	5.04582	0.84097	0.707	0.000833591	0.00333	0.00133	0.00053	0.00009
-3.40056	-73.61300	-1.28479	0.60978	2	5.32955	0.88826	0.789	0.481114439	0.96223	0.48111	0.24056	0.06014
-2.75163	-70.02779	-1.22222	1.90442	4	5.42804	0.90467	0.818	1.558642864	6.23457	3.42901	1.88596	0.57050
-2.24413	-65.98190	-1.15160	3.41817	2	5.48495	0.91416	0.836	2.856513549	5.71303	3.42782	2.05669	0.74041
-1.83295	-61.38452	-1.07136	4.46816	4	5.48185	0.91364	0.835	3.729754045	14.91902	9.69736	6.30328	2.66314
-1.46881	-55.75208	-0.97306	4.84216	2	5.42491	0.90415	0.817	3.958421145	7.91684	5.54179	3.87925	1.90083
-1.15658	-49.15262	-0.85788	4.68464	4	5.29131	0.88189	0.778	3.64334779	14.57339	10.93004	8.19753	4.61111
-0.87844	-41.29748	-0.72078	4.22759	2	5.12456	0.85409	0.729	3.08392667	6.16785	4.93428	3.94743	2.52635
-0.61775	-31.70565	-0.55337	3.65534	4	4.87448	0.81241	0.660	2.412583885	9.65034	8.20279	6.97237	5.03754
-0.34511	-19.04018	-0.33231	3.07951	2	4.61343	0.76890	0.591	1.820649773	3.64130	3.27717	2.94945	2.38906
-0.00491	-0.28146	-0.00491	2.55528	4	4.33923	0.72321	0.523	1.336479917	5.34592	5.07862	4.82469	4.35428
0.55631	29.08780	0.50768	2.10313	2	4.09646	0.68274	0.466	0.98034881	1.96070	1.96070	1.96070	1.96070
2.19549	65.51169	1.14339	1.72508	4	3.82545	0.63757	0.407	0.701247349	2.80499	2.94524	3.09250	3.40948
-9.94582	-84.25851	-1.47059	1.41466	2	2.39338	0.39890	0.159	0.225099615	0.45020	0.49522	0.54474	0.65914
-1.44538	-55.32222	-0.96555	1.16237	4	2.36300	0.39383	0.155	0.18028893	0.72116	0.82933	0.95373	1.26131
-0.35035	-19.30783	-0.33699	0.95835	2	2.28243	0.38040	0.145	0.138681546	0.27736	0.33284	0.39940	0.57514
0.23476	13.21159	0.23059	0.79366	4	2.31641	0.38607	0.149	0.1182945	0.47318	0.59147	0.73934	1.15522
0.77937	37.93181	0.66203	0.66060	2	2.43905	0.40651	0.165	0.10916276	0.21833	0.28382	0.36897	0.62356
1.49010	56.13463	0.97973	0.55281	4	2.62324	0.43721	0.191	0.105669212	0.42268	0.57061	0.77033	1.40392
-38.83961	-88.52514	-1.54506	0.46514	2	3.20647	0.53441	0.286	0.132843311	0.26569	0.37196	0.52075	1.02066
-1.50231	-56.35065	-0.98350	0.39349	4	3.12488	0.52081	0.271	0.10673344	0.42693	0.61905	0.89763	1.88726
-0.41893	-22.73050	-0.39672	0.33460	2	3.15587	0.52598	0.277	0.092567995	0.18514	0.27770	0.41656	0.93725
0.18557	10.51274	0.18348	0.28591	4	3.18818	0.53136	0.282	0.080724521	0.32290	0.50049	0.77576	1.86377
0.69317	34.72857	0.60613	0.25680	2	3.19108	0.53185	0.283	0.072638358	0.14528	0.23026	0.36497	0.91688
1.02120	45.60098	0.79589	0.24541	4	3.18498	0.53083	0.282	0.06915167	0.27661	0.44257	0.70811	1.81277
9.63368	84.07378	1.46736	0.21154	2	3.15266	0.52544	0.276	0.058404951	0.11681	0.19274	0.31801	0.86580
-1.45371	-55.47603	-0.96824	0.18307	4	2.90614	0.48436	0.235	0.042949651	0.17180	0.29206	0.49650	1.43488
-0.26017	-14.58347	-0.25453	0.15903	2	2.84929	0.47488	0.226	0.035863414	0.07173	0.12552	0.21966	0.67272
0.50698	26.88428	0.46922	0.13864	4	2.87547	0.47924	0.230	0.031841666	0.12737	0.22926	0.41267	1.33704
2.70464	69.70892	1.21665	0.12127	2	2.87712	0.47952	0.230	0.027884885	0.05577	0.10317	0.19087	0.65326
-2.36931	-67.11717	-1.17142	0.10643	4	3.11829	0.51972	0.270	0.028746022	0.11498	0.21847	0.41509	1.49848
-0.44510	-23.99405	-0.41878	0.09369	2	3.10765	0.51794	0.268	0.025133668	0.05027	0.09802	0.19114	0.72682
0.36820	20.21365	0.35279	0.08273	4	3.08720	0.51453	0.265	0.021901201	0.08760	0.17521	0.35042	1.40168
2.24478	65.98808	1.15171	0.07326	2	3.07994	0.51332	0.264	0.019302815	0.03861	0.07914	0.16224	0.68181
-2.30937	-66.58646	-1.16215	0.06505	4	2.92643	0.48774	0.238	0.015474222	0.06190	0.12998	0.27297	1.20378
-0.31048	-17.24833	-0.30104	0.05791	1	2.92689	0.48782	0.238	0.013781342	0.01378	0.02963	0.06370	0.29447
								$\Sigma =$	84.98956	67.12581	56.86451	55.11125
									$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Lightload*

## Hs 4 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Ẑz	Ẑθ	Tg Ẑb Sudut fase gerakan	Ẑb	Ẑb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.05	1.07	0.089	2.148075477	0.177356	0.00310	6.27408	1.60570	0.04773	2.73260	0.04769	2.14617	0.53654
0.10	1.07	0.132	2.147368456	0.263356	0.00460	6.23047	1.53589	0.03155	1.80687	0.03154	2.15178	0.53794
0.15	1.07	0.206	2.148997144	0.411356	0.00718	6.13312	1.48353	-0.01837	-1.05227	-0.01837	2.14986	0.53747
0.20	1.08	0.309	2.158758959	0.617356	0.01077	6.00105	1.41372	-0.08492	-4.85367	-0.08471	2.14752	0.53688
0.25	1.09	0.441	2.171513899	0.881356	0.01538	5.83417	1.30900	-0.16903	-9.59421	-0.16745	2.14310	0.53578
0.30	1.10	0.603	2.196930494	1.205356	0.02104	5.63283	1.18682	-0.27278	-15.25798	-0.26630	2.13420	0.53355
0.35	1.12	0.794	2.237454502	1.587356	0.02770	5.39838	1.04720	-0.40040	-21.82099	-0.38085	2.11458	0.52865
0.40	1.15	1.013	2.302386387	2.025356	0.03535	5.13384	0.89012	-0.56014	-29.25514	-0.51060	2.08419	0.52105
0.50	1.25	1.518	2.495014053	3.035356	0.05298	4.50684	0.48869	-1.09660	-47.63807	-0.83144	1.97938	0.49484
0.55	1.32	1.793	2.647776994	3.585356	0.06258	4.16009	0.26180	-1.62844	-58.44658	-1.02009	1.89636	0.47409
0.60	1.37	2.068	2.74934476	4.135356	0.07218	3.79365	0.28319	-2.53383	-68.46288	-1.19490	1.79359	0.44840
0.65	1.46	2.331	2.914097968	4.661356	0.08136	3.40892	0.00393	-6.10832	-80.70252	-1.40852	1.67533	0.41883
0.70	1.51	2.562	3.029564552	5.123356	0.08942	3.00024	5.68977	19.64844	87.08647	1.51995	1.54529	0.38632
0.75	1.55	2.738	3.10878377	5.475356	0.09556	2.56181	5.34071	3.46455	73.89987	1.28980	1.39779	0.34945
0.80	1.55	2.832	3.103586038	5.663356	0.09884	2.07342	4.93928	1.73648	60.06335	1.04830	1.24040	0.31010
0.85	1.52	2.814	3.030219021	5.627356	0.09822	1.56961	4.52040	1.04573	46.28070	0.80775	1.06317	0.26579
0.90	1.43	2.657	2.854592528	5.313356	0.09274	1.03053	4.06662	0.64336	32.75548	0.57169	0.86873	0.21718
0.95	1.28	2.341	2.551864053	4.681356	0.08171	0.42600	3.56047	0.41301	22.44119	0.39167	0.66763	0.16691
1.00	1.05	1.871	2.094006693	3.741356	0.06530	6.01101	2.98451	0.30609	17.01884	0.29703	0.54819	0.13705
1.05	0.83	1.296	1.651631244	2.591356	0.04523	5.23402	2.37365	0.42306	22.93108	0.40022	0.49822	0.12456
1.10	0.63	0.707	1.252721562	1.413356	0.02467	4.31036	1.67552	0.31474	17.47093	0.30493	0.62039	0.15510
1.15	0.51	0.258	1.026908195	0.515356	0.00899	3.16692	0.22689	-0.07884	-4.50812	-0.07868	0.68339	0.17085
1.20	0.51	0.450	1.028072913	0.899356	0.01570	2.00995	4.36332	-0.53862	-28.30774	-0.49406	0.73674	0.18418
1.25	0.55	0.708	1.105738873	1.415356	0.02470	0.98018	3.54302	-1.92084	-62.49828	-1.09080	0.60669	0.15167
1.30	0.56	0.814	1.11116368	1.62714	0.02840	0.03021	2.80998	7.54942	82.45449	1.43910	0.40132	0.10033
1.35	0.51	0.791	1.013897048	1.58114	0.02760	5.41525	2.09440	1.50359	56.37308	0.98390	0.20179	0.05045
1.40	0.42	0.659	0.841576432	1.31714	0.02299	4.50762	1.36136	3.60455	74.49455	1.30018	0.06430	0.01607
1.45	0.32	0.468	0.639195385	0.93514	0.01632	3.48955	0.52360	-2.35485	-66.99123	-1.16922	0.11253	0.02813
1.50	0.23	0.284	0.453172235	0.56714	0.00990	2.31172	5.72468	5.13660	78.98339	1.37852	0.13010	0.03253
1.55	0.20	0.217	0.396048118	0.43314	0.00756	0.98204	3.99680	4.26358	76.80017	1.34042	0.10741	0.02685
1.59	0.20	0.259	0.398529447	0.51714	0.00903	0.06612	2.89725	2.13596	64.91222	1.13293	0.12407	0.03102
1.60	0.20	0.280	0.401518501	0.55914	0.00976	6.00058	2.54818	1.54189	57.03441	0.99544	0.12281	0.03070
1.65	0.20	0.322	0.400351641	0.64314	0.01122	4.90283	1.55334	0.58778	30.44635	0.53139	0.09686	0.02421
1.70	0.16	0.241	0.315879315	0.48114	0.00840	3.83757	0.43633	-1.09133	-47.50064	-0.82904	0.08503	0.02126
1.75	0.15	0.278	0.30006041	0.55514	0.00969	2.71634	5.84685	-0.51678	-27.32913	-0.47698	0.08177	0.02044
1.80	0.10	0.182	0.205222097	0.36314	0.00634	1.55111	4.95674	-0.57588	-29.93671	-0.52249	0.07438	0.01859
1.85	0.08	0.115	0.157079479	0.22914	0.00400	6.09508	2.77507	3.76103	75.11042	1.31092	0.02804	0.00701
1.90	0.10	0.170	0.196867809	0.33914	0.00592	4.44256	1.06465	0.23485	13.21645	0.23067	0.06223	0.01556
1.95	0.11	0.207	0.228980029	0.41314	0.00721	3.38514	0.15708	-0.18455	-10.45621	-0.18250	0.05937	0.01484
2.00	0.09	0.173	0.186088571	0.34514	0.00602	1.89973	5.18363	-0.74225	-36.58466	-0.63852	0.05933	0.01483
2.05	0.06	0.112	0.12138192	0.22314	0.00389	0.27583	3.63028	2.08562	64.38353	1.12370	0.04323	0.01081
2.10	0.06	0.104	0.113217789	0.20714	0.00362	5.25675	1.91986	3.73187	74.99930	1.30898	0.03830	0.00958
2.15	0.07	0.140	0.141968436	0.27914	0.00487	3.20781	6.24828	-0.32072	-17.78205	-0.31036	0.05270	0.01317

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
Sudut fase gerak relatif								RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
0.57176	29.75925	0.51940	0.00000	1	1.05410	0.26352	0.069	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-0.08179	-4.67562	-0.08161	0.00000	4	0.29456	0.07364	0.005	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-1.39521	-54.36939	-0.94892	0.00000	2	2.06481	0.51620	0.266	2.2185E-271	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-3.02962	-71.73326	-1.25198	0.00000	4	2.69423	0.67356	0.454	3.18994E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-4.85749	-78.36718	-1.36777	0.00000	2	3.00068	0.75017	0.563	2.31203E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-6.74192	-81.56308	-1.42354	0.00000	4	3.22019	0.80505	0.648	2.7383E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-8.64141	-83.39898	-1.45559	0.00000	2	3.40347	0.85087	0.724	1.09834E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-10.20344	-84.40254	-1.47310	0.00052	4	3.55882	0.88971	0.792	0.00041668	0.00166	0.00066	0.00027	0.00004
-12.11532	-85.28150	-1.48844	0.27101	2	3.77165	0.94291	0.889	0.240952119	0.48190	0.24095	0.12048	0.03012
-11.81060	-85.16033	-1.48633	0.84641	4	3.80238	0.95059	0.904	0.764841315	3.05937	1.68265	0.92546	0.27995
-8.92589	-83.60760	-1.45923	1.51919	2	3.76718	0.94179	0.887	1.347484047	2.69497	1.61698	0.97019	0.34927
-6.96576	-81.83048	-1.42821	1.98585	4	3.67520	0.91880	0.844	1.67644535	6.70578	4.35876	2.83319	1.19702
-0.35320	-19.45326	-0.33952	2.15207	2	3.24666	0.81167	0.659	1.417788478	2.83558	1.98490	1.38943	0.68082
-0.12157	-6.93130	-0.12097	2.08206	4	3.16243	0.79061	0.625	1.301413537	5.20565	3.90424	2.92818	1.64710
-0.00274	-0.15686	-0.00274	1.87893	2	3.11770	0.77942	0.608	1.141451432	2.28290	1.82632	1.46106	0.93508
0.10956	6.25250	0.10913	1.62459	4	3.02105	0.75526	0.570	0.926704562	3.70682	3.15080	2.67818	1.93498
0.25488	14.29913	0.24957	1.36867	2	2.86297	0.71574	0.512	0.701151256	1.40230	1.26207	1.13587	0.92005
0.49576	26.37042	0.46025	1.13568	4	2.66750	0.66687	0.445	0.505061286	2.02025	1.91923	1.82327	1.64550
0.93832	43.17730	0.75359	0.93473	2	2.54503	0.63626	0.405	0.378398903	0.75680	0.75680	0.75680	0.75680
2.07228	64.23985	1.12120	0.76670	4	2.49278	0.62320	0.388	0.297766963	1.19107	1.25062	1.31315	1.44775
7.26020	82.15758	1.43392	0.62874	2	2.60132	0.65033	0.423	0.265912517	0.53183	0.58501	0.64351	0.77865
-3.57740	-74.38258	-1.29822	0.51661	4	1.37039	0.34260	0.117	0.060635934	0.24254	0.27893	0.32076	0.42421
-0.55019	-28.81897	-0.50299	0.42594	2	1.26327	0.31582	0.100	0.042482981	0.08497	0.10196	0.12235	0.17619
0.30395	16.90662	0.29508	0.35274	4	1.43238	0.35809	0.128	0.045232142	0.18093	0.22616	0.28270	0.44172
0.33486	18.51387	0.32313	0.29360	2	1.60689	0.40172	0.161	0.047380979	0.09476	0.12319	0.16015	0.27065
1.71319	59.72760	1.04244	0.24569	4	1.79822	0.44955	0.202	0.049654135	0.19862	0.26813	0.36198	0.65971
-36.45199	-88.42858	-1.54337	0.20673	2	2.06429	0.51607	0.266	0.055058999	0.11012	0.15417	0.21583	0.42303
-1.52530	-56.75084	-0.99049	0.17489	4	2.11252	0.52813	0.279	0.04877932	0.19512	0.28292	0.41023	0.86252
-0.33533	-18.53776	-0.32354	0.14871	2	2.12985	0.53246	0.284	0.042161709	0.08432	0.12649	0.18973	0.42689
0.27838	15.55618	0.27151	0.12707	4	2.10730	0.52682	0.278	0.035267269	0.14107	0.21866	0.33892	0.81425
0.82802	39.62558	0.69160	0.11413	2	2.12403	0.53101	0.282	0.032181724	0.06436	0.10202	0.16170	0.40622
1.17329	49.55883	0.86496	0.10907	4	2.12281	0.53070	0.282	0.030719296	0.12288	0.19660	0.31457	0.80529
9.94016	84.25526	1.47053	0.09402	2	2.09679	0.52420	0.275	0.025834742	0.05167	0.08525	0.14067	0.38297
-1.44366	-55.29030	-0.96500	0.08137	4	1.91497	0.47874	0.229	0.018648657	0.07459	0.12681	0.21558	0.62302
-0.26337	-14.75482	-0.25752	0.07068	2	1.91823	0.47956	0.230	0.016254775	0.03251	0.05689	0.09956	0.30490
0.51779	27.37458	0.47778	0.06162	4	1.92566	0.48142	0.232	0.014280351	0.05712	0.10282	0.18507	0.59964
2.41073	67.47073	1.17759	0.05390	2	1.97196	0.49299	0.243	0.013099429	0.02620	0.04847	0.08967	0.30688
-2.41607	-67.51559	-1.17837	0.04730	4	2.06220	0.51555	0.266	0.012572104	0.05029	0.09555	0.18154	0.65536
-0.45706	-24.56328	-0.42871	0.04164	2	2.05936	0.51484	0.265	0.011037156	0.02207	0.04304	0.08394	0.31917
0.34564	19.06710	0.33278	0.03677	4	2.05931	0.51483	0.265	0.009745005	0.03898	0.07796	0.15592	0.62368
2.35727	67.01244	1.16959	0.03256	2	2.04323	0.51081	0.261	0.00849514	0.01699	0.03483	0.07140	0.30007
-2.23279	-65.87383	-1.14972	0.02891	4	1.96170	0.49042	0.241	0.006953394	0.02781	0.05841	0.12266	0.54092
-0.29130	-16.24076	-0.28345	0.02574	1	1.94730	0.48683	0.237	0.006100212	0.00610	0.01312	0.02820	0.13035
								$\Sigma =$	34.80089	27.36237	23.23214	23.10076
									$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

# Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Lightload*

Hs 5 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	Ez Sudut fase heave	EΘ Sudut fase pitch	Tg Eb Sudut fase gerakan	Eb	Eb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.05	1.07	0.089	2.685094347	0.221695	0.00387	6.27408	1.60570	0.04773	2.73260	0.04769	2.68271	0.53654
0.10	1.07	0.132	2.68421057	0.329195	0.00575	6.23047	1.53589	0.03155	1.80687	0.03154	2.68972	0.53794
0.15	1.07	0.206	2.68624643	0.514195	0.00897	6.13312	1.48353	-0.01837	-1.05227	-0.01837	2.68733	0.53747
0.20	1.08	0.309	2.698448698	0.771695	0.01347	6.00105	1.41372	-0.08492	-4.85367	-0.08471	2.68440	0.53688
0.25	1.09	0.441	2.714392373	1.101695	0.01923	5.83417	1.30900	-0.16903	-9.59421	-0.16745	2.67888	0.53578
0.30	1.10	0.603	2.746163117	1.506695	0.02630	5.63283	1.18682	-0.27278	-15.25798	-0.26630	2.66775	0.53355
0.35	1.12	0.794	2.796818127	1.984195	0.03463	5.39838	1.04720	-0.40040	-21.82099	-0.38085	2.64323	0.52865
0.40	1.15	1.013	2.877982984	2.531695	0.04419	5.13384	0.89012	-0.56014	-29.25514	-0.51060	2.60524	0.52105
0.50	1.25	1.518	3.118767566	3.794195	0.06622	4.50684	0.48869	-1.09660	-47.63807	-0.83144	2.47422	0.49484
0.55	1.32	1.793	3.309721243	4.481695	0.07822	4.16009	0.26180	-1.62844	-58.44658	-1.02009	2.37045	0.47409
0.60	1.37	2.068	3.43668095	5.169195	0.09022	3.79365	6.28319	-2.53383	-68.46288	-1.19490	2.24199	0.44840
0.65	1.46	2.331	3.64262246	5.826695	0.10170	3.40892	6.00393	-6.10832	-80.70252	-1.40852	2.09416	0.41883
0.70	1.51	2.562	3.786955691	6.404195	0.11177	3.00024	5.68977	19.64844	87.08647	1.51995	1.93162	0.38632
0.75	1.55	2.738	3.885979713	6.844195	0.11945	2.56181	5.34071	3.46455	73.89987	1.28980	1.74724	0.34945
0.80	1.55	2.832	3.879482548	7.079195	0.12356	2.07342	4.93928	1.73648	60.06335	1.04830	1.55050	0.31010
0.85	1.52	2.814	3.787773777	7.034195	0.12277	1.56961	4.52040	1.04573	46.28070	0.80775	1.32897	0.26579
0.90	1.43	2.657	3.56824066	6.641695	0.11592	1.03053	4.06662	0.64336	32.75548	0.57169	1.08591	0.21718
0.95	1.28	2.341	3.189830067	5.851695	0.10213	0.42600	3.56047	0.41301	22.44119	0.39167	0.83453	0.16691
1.00	1.05	1.871	2.617508367	4.676695	0.08162	6.01101	2.98451	0.30609	17.01884	0.29703	0.68523	0.13705
1.05	0.83	1.296	2.064539055	3.239195	0.05653	5.23402	2.37365	0.42306	22.93108	0.40022	0.62278	0.12456
1.10	0.63	0.707	1.565901953	1.766695	0.03083	4.31036	1.67552	0.31474	17.47093	0.30493	0.77549	0.15510
1.15	0.51	0.258	1.283635243	0.644195	0.01124	3.16692	0.22689	-0.07884	-4.50812	-0.07868	0.85423	0.17085
1.20	0.51	0.450	1.285091142	1.124195	0.01962	2.00995	4.36332	-0.53862	-28.30774	-0.49406	0.92092	0.18418
1.25	0.55	0.708	1.382173591	1.769195	0.03088	0.98018	3.54302	-1.92084	-62.49828	-1.09080	0.75836	0.15167
1.30	0.56	0.814	1.3889546	2.033925	0.03550	0.03021	2.80998	7.54942	82.45449	1.43910	0.50165	0.10033
1.35	0.51	0.791	1.26737131	1.976425	0.03450	5.41525	2.09440	1.50359	56.37308	0.98390	0.25224	0.05045
1.40	0.42	0.659	1.05197054	1.646425	0.02874	4.50762	1.36136	3.60455	74.49455	1.30018	0.08037	0.01607
1.45	0.32	0.468	0.798994231	1.168925	0.02040	3.48955	0.52360	-2.35485	-66.99123	-1.16922	0.14066	0.02813
1.50	0.23	0.284	0.566465294	0.708925	0.01237	2.31172	5.72468	5.13660	78.98339	1.37852	0.16263	0.03253
1.55	0.20	0.217	0.495060147	0.541425	0.00945	0.98204	3.99680	4.26358	76.80017	1.34042	0.13426	0.02685
1.59	0.20	0.259	0.498161808	0.646425	0.01128	0.06612	2.89725	2.13596	64.91222	1.13293	0.15508	0.03102
1.60	0.20	0.280	0.501898126	0.698925	0.01220	6.00058	2.54818	1.54189	57.03441	0.99544	0.15352	0.03070
1.65	0.20	0.322	0.500439551	0.803925	0.01403	4.90283	1.55334	0.58778	30.44635	0.53139	0.12107	0.02421
1.70	0.16	0.241	0.394849144	0.601425	0.01050	3.83757	0.43633	-1.09133	-47.50064	-0.82904	0.10629	0.02126
1.75	0.15	0.278	0.375075513	0.693925	0.01211	2.71634	5.84685	-0.51678	-27.32913	-0.47698	0.10222	0.02044
1.80	0.10	0.182	0.256527621	0.453925	0.00792	1.55111	4.95674	-0.57588	-29.93671	-0.52249	0.09297	0.01859
1.85	0.08	0.115	0.196349349	0.286425	0.00500	6.09508	2.77507	3.76103	75.11042	1.31092	0.03505	0.00701
1.90	0.10	0.170	0.246084761	0.423925	0.00740	4.44256	1.06465	0.23485	13.21645	0.23067	0.07779	0.01556
1.95	0.11	0.207	0.286225036	0.516425	0.00901	3.38514	0.15708	-0.18455	-10.45621	-0.18250	0.07421	0.01484
2.00	0.09	0.173	0.232610714	0.431425	0.00753	1.89973	5.18363	-0.74225	-36.58466	-0.63852	0.07416	0.01483
2.05	0.06	0.112	0.1517274	0.278925	0.00487	0.27583	3.63028	2.08562	64.38353	1.12370	0.05404	0.01081
2.10	0.06	0.104	0.141522236	0.258925	0.00452	5.25675	1.91986	3.73187	74.99930	1.30898	0.04788	0.00958
2.15	0.07	0.140	0.177460545	0.348925	0.00609	3.20781	6.24828	-0.32072	-17.78205	-0.31036	0.06587	0.01317

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Haluan (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
Sudut fase gerak relatif								RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
0.57176	29.75925	0.51940	0.00000	1	1.31762	0.26352	0.069	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-0.08179	-4.67562	-0.08161	0.00000	4	0.36820	0.07364	0.005	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-1.39521	-54.36939	-0.94892	0.00000	2	2.58101	0.51620	0.266	3.4663E-271	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-3.02962	-71.73326	-1.25198	0.00000	4	3.36779	0.67356	0.454	4.98428E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-4.85749	-78.36718	-1.36777	0.00000	2	3.75085	0.75017	0.563	3.61254E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-6.74192	-81.56308	-1.42354	0.00000	4	4.02523	0.80505	0.648	4.27859E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-8.64141	-83.39898	-1.45559	0.00000	2	4.25433	0.85087	0.724	1.71616E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-10.20344	-84.40254	-1.47310	0.00082	4	4.44853	0.88971	0.792	0.000647919	0.00259	0.00104	0.00041	0.00007
-12.11532	-85.28150	-1.48844	0.42345	2	4.71457	0.94291	0.889	0.376487686	0.75298	0.37649	0.18824	0.04706
-11.81060	-85.16033	-1.48633	1.32252	4	4.75297	0.95059	0.904	1.195064555	4.78026	2.62914	1.44603	0.43742
-8.92589	-83.60760	-1.45923	2.37373	2	4.70897	0.94179	0.887	2.105443823	4.21089	2.52653	1.51592	0.54573
-6.96576	-81.83048	-1.42821	3.10289	4	4.59400	0.91880	0.844	2.619445859	10.47778	6.81056	4.42686	1.87035
-0.35320	-19.45326	-0.33952	3.36261	2	4.05833	0.81167	0.659	2.215294497	4.43059	3.10141	2.17099	1.06378
-0.12157	-6.93130	-0.12097	3.25322	4	3.95303	0.79061	0.625	2.033458651	8.13383	6.10038	4.57528	2.57360
-0.00274	-0.15686	-0.00274	2.93583	2	3.89712	0.77942	0.608	1.783517862	3.56704	2.85363	2.28290	1.46106
0.10956	6.25250	0.10913	2.53843	4	3.77631	0.75526	0.570	1.447975878	5.79190	4.92312	4.18465	3.02341
0.25488	14.29913	0.24957	2.13855	2	3.57871	0.71574	0.512	1.095548837	2.19110	1.97199	1.77479	1.43758
0.49576	26.37042	0.46025	1.77450	4	3.33437	0.66687	0.445	0.789158259	3.15663	2.99880	2.84886	2.57110
0.93832	43.17730	0.75359	1.46051	2	3.18129	0.63626	0.405	0.591248286	1.18250	1.18250	1.18250	1.18250
2.07228	64.23985	1.12120	1.19797	4	3.11598	0.62320	0.388	0.465260879	1.86104	1.95410	2.05180	2.26211
7.26020	82.15758	1.43392	0.98240	2	3.25165	0.65033	0.423	0.415488308	0.83098	0.91407	1.00548	1.21663
-3.57740	-74.38258	-1.29822	0.80720	4	1.71299	0.34260	0.117	0.094743647	0.37897	0.43582	0.50119	0.66283
-0.55019	-28.81897	-0.50299	0.66552	2	1.57909	0.31582	0.100	0.066379658	0.13276	0.15931	0.19117	0.27529
0.30395	16.90662	0.29508	0.55115	4	1.79047	0.35809	0.128	0.070675221	0.28270	0.35338	0.44172	0.69019
0.33486	18.51387	0.32313	0.45875	2	2.00861	0.40172	0.161	0.074032779	0.14807	0.19249	0.25023	0.42289
1.71319	59.72760	1.04244	0.38389	4	2.24777	0.44955	0.202	0.077584586	0.31034	0.41896	0.56559	1.03079
-36.45199	-88.42858	-1.54337	0.32302	2	2.58037	0.51607	0.266	0.086029686	0.17206	0.24088	0.33724	0.66098
-1.52530	-56.75084	-0.99049	0.27326	4	2.64065	0.52813	0.279	0.076217688	0.30487	0.44206	0.64099	1.34768
-0.33533	-18.53776	-0.32354	0.23236	2	2.66231	0.53246	0.284	0.06587767	0.13176	0.19763	0.29645	0.66701
0.27838	15.55618	0.27151	0.19855	4	2.63412	0.52682	0.278	0.055105107	0.22042	0.34165	0.52956	1.27227
0.82802	39.62558	0.69160	0.17833	2	2.65503	0.53101	0.282	0.050283944	0.10057	0.15940	0.25265	0.63471
1.17329	49.55883	0.86496	0.17042	4	2.65351	0.53070	0.282	0.047998901	0.19200	0.30719	0.49151	1.25826
9.94016	84.25526	1.47053	0.14690	2	2.62098	0.52420	0.275	0.040366785	0.08073	0.13321	0.21980	0.59840
-1.44366	-55.29030	-0.96500	0.12713	4	2.39371	0.47874	0.229	0.029138527	0.11655	0.19814	0.33684	0.97347
-0.26337	-14.75482	-0.25752	0.11044	2	2.39779	0.47956	0.230	0.025398087	0.05080	0.08889	0.15556	0.47641
0.51779	27.37458	0.47778	0.09628	4	2.40708	0.48142	0.232	0.022313048	0.08925	0.16065	0.28918	0.93693
2.41073	67.47073	1.17759	0.08422	2	2.46495	0.49299	0.243	0.020467858	0.04094	0.07573	0.14010	0.47950
-2.41607	-67.51559	-1.17837	0.07391	4	2.57776	0.51555	0.266	0.019643913	0.07858	0.14929	0.28366	1.02401
-0.45706	-24.56328	-0.42871	0.06506	2	2.57420	0.51484	0.265	0.017245556	0.03449	0.06726	0.13115	0.49871
0.34564	19.06710	0.33278	0.05745	4	2.57414	0.51483	0.265	0.01522657	0.06091	0.12181	0.24363	0.97450
2.35727	67.01244	1.16959	0.05087	2	2.55404	0.51081	0.261	0.013273656	0.02655	0.05442	0.11157	0.46885
-2.23279	-65.87383	-1.14972	0.04517	4	2.45212	0.49042	0.241	0.010864679	0.04346	0.09126	0.19165	0.84519
-0.29130	-16.24076	-0.28345	0.04022	1	2.43413	0.48683	0.237	0.009531582	0.00953	0.02049	0.04406	0.20367
								$\Sigma =$	54.37640	42.75370	36.30022	36.09494
								$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 3$	$\Sigma 4$

# Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Lightload*

Hs 6 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ω	RAO Heave (Za)	RAO Pitch (Θa)	Amplitudo heave Za	Amplitudo Pitch Θa	Amplitudo Pitch Θa	εz Sudut fase heave	εΘ Sudut fase pitch	Tg Eb Sudut fase gerakan	Eb	Eb	Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a	RAO Amplitudo Gerakan Haluan Vertikal (Zb)a
(rad/s)	(m/m)	(deg/m)	m	deg	Radian	Radian	Radian	vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	m	(m/m)
0.05	1.07	0.089	3.222113216	0.266034	0.00464	6.27408	1.60570	0.04773	2.73260	0.04769	3.21926	0.53654
0.10	1.07	0.132	3.221052684	0.395034	0.00689	6.23047	1.53589	0.03155	1.80687	0.03154	3.22766	0.53794
0.15	1.07	0.206	3.223495717	0.617034	0.01077	6.13312	1.48353	-0.01837	-1.05227	-0.01837	3.22479	0.53747
0.20	1.08	0.309	3.238138438	0.926034	0.01616	6.00105	1.41372	-0.08492	-4.85367	-0.08471	3.22128	0.53688
0.25	1.09	0.441	3.257270848	1.322034	0.02307	5.83417	1.30900	-0.16903	-9.59421	-0.16745	3.21465	0.53578
0.30	1.10	0.603	3.29539574	1.808034	0.03156	5.63283	1.18682	-0.27278	-15.25798	-0.26630	3.20131	0.53355
0.35	1.12	0.794	3.356181752	2.381034	0.04156	5.39838	1.04720	-0.40040	-21.82099	-0.38085	3.17187	0.52865
0.40	1.15	1.013	3.453579581	3.038034	0.05302	5.13384	0.89012	-0.56014	-29.25514	-0.51060	3.12629	0.52105
0.50	1.25	1.518	3.742521079	4.553034	0.07947	4.50684	0.48869	-1.09660	-47.63807	-0.83144	2.96906	0.49484
0.55	1.32	1.793	3.971665492	5.378034	0.09386	4.16009	0.26180	-1.62844	-58.44658	-1.02009	2.84454	0.47409
0.60	1.37	2.068	4.12401714	6.203034	0.10826	3.79365	0.28319	-2.53383	-68.46288	-1.19490	2.69039	0.44840
0.65	1.46	2.331	4.371146952	6.992034	0.12203	3.40892	0.60093	-6.10832	-80.70252	-1.40852	2.51299	0.41883
0.70	1.51	2.562	4.544346829	7.685034	0.13413	3.00024	5.68977	19.64844	87.08647	1.51995	2.31794	0.38632
0.75	1.55	2.738	4.663175656	8.213034	0.14334	2.56181	5.34071	3.46455	73.89987	1.28980	2.09669	0.34945
0.80	1.55	2.832	4.655379057	8.495034	0.14827	2.07342	4.93928	1.73648	60.06335	1.04830	1.86061	0.31010
0.85	1.52	2.814	4.545328532	8.441034	0.14732	1.56961	4.52040	1.04573	46.28070	0.80775	1.59476	0.26579
0.90	1.43	2.657	4.281888792	7.970034	0.13910	1.03053	4.06662	0.64336	32.75548	0.57169	1.30309	0.21718
0.95	1.28	2.341	3.82779608	7.022034	0.12256	0.42600	3.56047	0.41301	22.44119	0.39167	1.00144	0.16691
1.00	1.05	1.871	3.14101004	5.612034	0.09795	6.01101	2.98451	0.30609	17.01884	0.29703	0.82228	0.13705
1.05	0.83	1.296	2.477446865	3.887034	0.06784	5.23402	2.37365	0.42306	22.93108	0.40022	0.74733	0.12456
1.10	0.63	0.707	1.879082343	2.120034	0.03700	4.31036	1.67552	0.31474	17.47093	0.30493	0.93058	0.15510
1.15	0.51	0.258	1.540362292	0.773034	0.01349	3.16692	0.22689	-0.07884	-4.50812	-0.07868	1.02508	0.17085
1.20	0.51	0.450	1.54210937	1.349034	0.02355	2.00995	4.36332	-0.53862	-28.30774	-0.49406	1.10511	0.18418
1.25	0.55	0.708	1.658608309	2.123034	0.03705	0.98018	3.54302	-1.92084	-62.49828	-1.09080	0.91003	0.15167
1.30	0.56	0.814	1.66674552	2.44071	0.04260	0.03021	2.80998	7.54942	82.45449	1.43910	0.60198	0.10033
1.35	0.51	0.791	1.520845572	2.37171	0.04139	5.41525	2.09440	1.50359	56.37308	0.98390	0.30268	0.05045
1.40	0.42	0.659	1.262364648	1.97571	0.03448	4.50762	1.36136	3.60455	74.49455	1.30018	0.09645	0.01607
1.45	0.32	0.468	0.958793077	1.40271	0.02448	3.48955	0.52360	-2.35485	-66.99123	-1.16922	0.16879	0.02813
1.50	0.23	0.284	0.679758352	0.85071	0.01485	2.31172	5.72468	5.13660	78.98339	1.37852	0.19515	0.03253
1.55	0.20	0.217	0.594072177	0.64971	0.01134	0.98204	3.99680	4.26358	76.80017	1.34042	0.16112	0.02685
1.59	0.20	0.259	0.59779417	0.77571	0.01354	0.06612	2.89725	2.13596	64.91222	1.13293	0.18610	0.03102
1.60	0.20	0.280	0.602277752	0.83871	0.01464	6.00058	2.54818	1.54189	57.03441	0.99544	0.18422	0.03070
1.65	0.20	0.322	0.600527461	0.96471	0.01684	4.90283	1.55334	0.58778	30.44635	0.53139	0.14528	0.02421
1.70	0.16	0.241	0.473818972	0.72171	0.01260	3.83757	0.43633	-1.09133	-47.50064	-0.82904	0.12755	0.02126
1.75	0.15	0.278	0.450090616	0.83271	0.01453	2.71634	5.84685	-0.51678	-27.32913	-0.47698	0.12266	0.02044
1.80	0.10	0.182	0.307833146	0.54471	0.00951	1.55111	4.95674	-0.57588	-29.93671	-0.52249	0.11156	0.01859
1.85	0.08	0.115	0.235619218	0.34371	0.00600	6.09508	2.77507	3.76103	75.11042	1.31092	0.04205	0.00701
1.90	0.10	0.170	0.295301714	0.50871	0.00888	4.44256	1.06465	0.23485	13.21645	0.23067	0.09335	0.01556
1.95	0.11	0.207	0.343470043	0.61971	0.01082	3.38514	0.15708	-0.18455	-10.45621	-0.18250	0.08905	0.01484
2.00	0.09	0.173	0.279132856	0.51771	0.00904	5.18363	0.74225	-0.74225	-36.58466	-0.63852	0.08899	0.01483
2.05	0.06	0.112	0.18207288	0.33471	0.00584	0.27583	3.63028	2.08562	64.38353	1.12370	0.06484	0.01081
2.10	0.06	0.104	0.169826683	0.31071	0.00542	5.25675	1.91986	3.73187	74.99930	1.30898	0.05746	0.00958
2.15	0.07	0.140	0.212952654	0.41871	0.00731	3.20781	6.24828	-0.32072	-17.78205	-0.31036	0.07905	0.01317

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tg Ebr	Ebr	Ebr	S( $\omega$ )	SM	Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Halian (Zbr)a	RAO Amplitudo Gerak Relatif Vertikal Halian (Zbr)a	RAO (Zbr)^2	Sr( $\omega$ )	Sr( $\omega$ )*SM	$\omega$ *Sr(w)*SM	$\omega^2$ *Sr(w)*SM	$\omega^4$ *Sr(w)*SM
Sudut fase gerak relatif								RAO (Zbr) ^2 * S( $\omega$ )				
Vertikal haluan thd gelombang	degree	Radian	(m <sup>2</sup> /rad/s)		m	(m/m)	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> /rad/s)	(m <sup>2</sup> /rad <sup>3</sup> /s <sup>3</sup> )
0.57176	29.75925	0.51940	0.00000	1	1.58114	0.26352	0.069	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-0.08179	-4.67562	-0.08161	0.00000	4	0.44185	0.07364	0.005	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-1.39521	-54.36939	-0.94892	0.00000	2	3.09722	0.51620	0.266	4.9915E-271	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-3.02962	-71.73326	-1.25198	0.00000	4	4.04135	0.67356	0.454	7.17736E-84	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-4.85749	-78.36718	-1.36777	0.00000	2	4.50102	0.75017	0.563	5.20206E-33	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-6.74192	-81.56308	-1.42354	0.00000	4	4.83028	0.80505	0.648	6.16117E-15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-8.64141	-83.39898	-1.45559	0.00000	2	5.10520	0.85087	0.724	2.47127E-07	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
-10.20344	-84.40254	-1.47310	0.00118	4	5.33823	0.88971	0.792	0.000933004	0.00373	0.00149	0.00060	0.00010
-12.11532	-85.28150	-1.48844	0.60978	2	5.65748	0.94291	0.889	0.542142268	1.08428	0.54214	0.27107	0.06777
-11.81060	-85.16033	-1.48633	1.90442	4	5.70356	0.95059	0.904	1.720892959	6.88357	3.78596	2.08228	0.62989
-8.92589	-83.60760	-1.45923	3.41817	2	5.65077	0.94179	0.887	3.031839105	6.06368	3.63821	2.18292	0.78585
-6.96576	-81.83048	-1.42821	4.46816	4	5.51281	0.91880	0.844	3.772002038	15.08801	9.80721	6.37468	2.69330
-0.35320	-19.45326	-0.33952	4.84216	2	4.87000	0.81167	0.659	3.190024076	6.38005	4.46603	3.12622	1.53185
-0.12157	-6.93130	-0.12097	4.68464	4	4.74364	0.79061	0.625	2.928180458	11.71272	8.78454	6.58841	3.70598
-0.00274	-0.15686	-0.00274	4.22759	2	4.67654	0.77942	0.608	2.568265721	5.13653	4.10923	3.28738	2.10392
0.10956	6.25250	0.10913	3.65534	4	4.53158	0.75526	0.570	2.085085264	8.34034	7.08929	6.02590	4.35371
0.25488	14.29913	0.24957	3.07951	2	4.29445	0.71574	0.512	1.577590326	3.15518	2.83966	2.55570	2.07011
0.49576	26.37042	0.46025	2.55528	4	4.00124	0.66687	0.445	1.136387893	4.54555	4.31827	4.10236	3.70238
0.93832	43.17730	0.75359	2.10313	2	3.81755	0.63626	0.405	0.851397532	1.70280	1.70280	1.70280	1.70280
2.07228	64.23985	1.12120	1.72508	4	3.73918	0.62320	0.388	0.669975666	2.67990	2.81390	2.95459	3.25744
7.26020	82.15758	1.43392	1.41466	2	3.90198	0.65033	0.423	0.598303163	1.19661	1.31627	1.44789	1.75195
-3.57740	-74.38258	-1.29822	1.16237	4	2.05559	0.34260	0.117	0.136430852	0.54572	0.62758	0.72172	0.95447
-0.55019	-28.81897	-0.50299	0.95835	2	1.89490	0.31582	0.100	0.095586708	0.19117	0.22941	0.27529	0.39642
0.30395	16.90662	0.29508	0.79366	4	2.14857	0.35809	0.128	0.101772319	0.40709	0.50886	0.63608	0.99387
0.33486	18.51387	0.32313	0.66060	2	2.41033	0.40172	0.161	0.106607202	0.21321	0.27718	0.36033	0.60896
1.71319	59.72760	1.04244	0.55281	4	2.69732	0.44955	0.202	0.111721804	0.44689	0.60330	0.81445	1.48434
-36.45199	-88.42858	-1.54337	0.46514	2	3.09644	0.51607	0.266	0.123882748	0.24777	0.34687	0.48562	0.95182
-1.52530	-56.75084	-0.99049	0.39349	4	3.16878	0.52813	0.279	0.10975347	0.43901	0.63657	0.92303	1.94066
-0.33533	-18.53776	-0.32354	0.33460	2	3.19477	0.53246	0.284	0.094863844	0.18973	0.28459	0.42689	0.96050
0.27838	15.55618	0.27151	0.28591	4	3.16095	0.52682	0.278	0.079351354	0.31741	0.49198	0.76257	1.83207
0.82802	39.62558	0.69160	0.25680	2	3.18604	0.53101	0.282	0.072408879	0.14482	0.22954	0.36381	0.91398
1.17329	49.55883	0.86496	0.24541	4	3.18422	0.53070	0.282	0.069118417	0.27647	0.44236	0.70777	1.81190
9.94016	84.25526	1.47053	0.21154	2	3.14518	0.52420	0.275	0.05812817	0.11626	0.19182	0.31651	0.86169
-1.44366	-55.29030	-0.96500	0.18307	4	2.87245	0.47874	0.229	0.041959478	0.16784	0.28532	0.48505	1.40180
-0.26337	-14.75482	-0.25752	0.15903	2	2.87735	0.47956	0.230	0.036573245	0.07315	0.12801	0.22401	0.68603
0.51779	27.37458	0.47778	0.13864	4	2.88849	0.48142	0.232	0.032130789	0.12852	0.23134	0.41642	1.34918
2.41073	67.47073	1.17759	0.12127	2	2.95795	0.49299	0.243	0.029473715	0.05895	0.10905	0.20175	0.69048
-2.41607	-67.51559	-1.17837	0.10643	4	3.09331	0.51555	0.266	0.028287234	0.11315	0.21498	0.40847	1.47457
-0.45706	-24.56328	-0.42871	0.09369	2	3.08905	0.51484	0.265	0.024833601	0.04967	0.09685	0.18886	0.71814
0.34564	19.06710	0.33278	0.08273	4	3.08896	0.51483	0.265	0.021926261	0.08771	0.17541	0.35082	1.40328
2.35727	67.01244	1.16959	0.07326	2	3.06484	0.51081	0.261	0.019114065	0.03823	0.07837	0.16065	0.67515
-2.23279	-65.87383	-1.14972	0.06505	4	2.94255	0.49042	0.241	0.015645137	0.06258	0.13142	0.27598	1.21707
-0.29130	-16.24076	-0.28345	0.05791	1	2.92095	0.48683	0.237	0.013725478	0.01373	0.02951	0.06345	0.29328
								$\Sigma =$	78.30201	61.56532	52.27232	51.97671
								$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$	

## Perhitungan Gerak Relatif Vertikal Haluan Pada kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Lightload*

Hs 6 m, Heading 150°, Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_\theta$ (rad)	$\xi_\theta$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
$\xi =$	39.4	m		0	2.65	-0.006	-0.3467	2.409417	-1.470	3.905924	4.2	-5
Hs =	5	m		0.5	2.53	0.010	0.580276	2.924564	-0.639	5.060732	4.2	-5
				1	2.06	0.025	1.428719	3.043885	0.278	5.530595	4.2	-5
				1.5	1.32	0.036	2.083791	2.75123	1.158	5.251917	4.2	-5
				2	0.40	0.043	2.456832	2.08621	1.881	4.262417	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	-0.58	0.044	2.497352	1.13883	2.349	2.696019	4.2	-5
Hs	=	5.000	m	3	-1.48	0.038	2.199867	0.037316	2.499	0.764727	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	-2.17	0.028	1.604641	-1.06925	2.312	-1.27007	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	-2.58	0.014	0.792234	-2.0311	1.811	-3.13296	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	-2.63	-0.002	-0.1274	-2.71804	1.065	-4.57183	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	-2.33	-0.018	-1.02979	-3.03712	0.175	-5.39192	4.2	-5
Za	=	2.653	m	5.5	-1.71	-0.031	-1.7928	-2.94513	-0.738	-5.48223	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.044	rad	6	-0.86	-0.040	-2.31317	-2.45454	-1.552	-4.83056	4.2	-5
$\varepsilon_z$	=	-0.059	rad	6.5	0.10	-0.044	-2.52045	-1.63173	-2.156	-3.52509	4.2	-5
$\varepsilon_a$	=	-1.709	rad	7	1.05	-0.042	-2.38661	-0.58808	-2.468	-1.74251	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				7.5	1.86	-0.034	-1.92975	0.53517	-2.446	0.275901	4.2	-5
$\lambda_w$	=	112.560	m	8	2.42	-0.021	-1.21171	1.585983	-2.092	2.256974	4.2	-5
$\mu$	=	180°		8.5	2.65	-0.006	-0.32967	2.422142	-1.456	3.932576	4.2	-5
Hw	=	5.000	m	9	2.52	0.010	0.596992	2.930474	-0.623	5.075923	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.500	m	9.5	2.05	0.025	1.442853	3.042181	0.295	5.532268	4.2	-5
				10	1.30	0.037	2.09343	2.742143	1.173	5.239845	4.2	-5
Zba	=	3.053	m									
$\varepsilon_b$	=	-0.661	rad									
$\omega_e$	=	0.740	rad/s									
T	=	8.491	s									
Ke	=	0.05582059										
(Zbr)a	=	5.537	m									
$\varepsilon_{br}$	=	-0.788	rad									
ar	=	3.00207181	rad.m/s <sup>2</sup>									

1

➤ Elevasi permukaan air di haluan :  
 $\zeta_{th} = \zeta_a \cos(k_c \xi - \omega_c t)$



**Perhitungan Elevasi pada Kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer***

**Hs 6 m, Heading 180°, Titik tinjau 39,4 m dari COG**

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_\theta$ (rad)	$\xi_\theta$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
				0	3.25	-0.007	-0.41604	2.8913	-1.764	4.687108	4.2	-5
$\xi =$	39.4	m		0.5	2.90	0.012	0.696332	3.509477	-0.767	6.072879	4.2	-5
Hs =	6	m		1	2.15	0.030	1.714463	3.652662	0.334	6.636713	4.2	-5
				1.5	1.11	0.044	2.500549	3.301476	1.389	6.3023	4.2	-5
				2	-0.07	0.051	2.948198	2.503452	2.257	5.1149	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	-1.25	0.052	2.996823	1.366596	2.819	3.235222	4.2	-5
Hs	=	6.000	m	3	-2.26	0.046	2.639841	0.044779	2.999	0.917672	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	-2.96	0.034	1.925569	-1.2831	2.774	-1.52408	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	-3.27	0.017	0.950681	-2.43732	2.173	-3.75956	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	-3.13	-0.003	-0.15288	-3.26165	1.278	-5.48619	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	-2.56	-0.022	-1.23575	-3.64454	0.210	-6.4703	4.2	-5
Za	=	3.273	m	5.5	-1.65	-0.038	-2.15136	-3.53416	-0.886	-6.57868	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.053	rad	6	-0.52	-0.048	-2.7758	-2.94544	-1.863	-5.79667	4.2	-5
$\Xi_z$	=	0.113	rad	6.5	0.69	-0.053	-3.02455	-1.95808	-2.587	-4.23011	4.2	-5
$\epsilon_a$	=	-1.709	rad	7	1.80	-0.050	-2.86393	-0.70569	-2.961	-2.09102	4.2	-5
				7.5	2.66	-0.040	-2.3157	0.642204	-2.935	0.331081	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				8	3.17	-0.025	-1.45405	1.90318	-2.511	2.708369	4.2	-5
$\lambda_w$	=	112.560	m	8.5	3.25	-0.007	-0.3956	2.90657	-1.747	4.719092	4.2	-5
$\mu$	=	180°		9	2.89	0.013	0.71639	3.516569	-0.747	6.091108	4.2	-5
Hw	=	6.000	m	9.5	2.13	0.030	1.731423	3.650617	0.354	6.638721	4.2	-5
$\xi_a$	=	3.000	m	10	1.09	0.044	2.512116	3.290571	1.407	6.287815	4.2	-5
Zba	=	3.664	m									
$\epsilon_b$	=	-0.661	rad									
$\omega_e$	=	0.740	rad/s									
T	=	8.491	s									
Ke	=	0.055820591										
(Zbr)a	=	6.644	m									
$\epsilon_{br}$	=	-0.788	rad									
ar	=	3.602486175	rad.m/s <sup>2</sup>									

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

Hs 4 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_0$ (rad)	$\xi_0$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
				0	2.12	-0.012	-0.67436	1.725638	-1.755	2.930838	4.2	-5
$\xi =$	39.4	m		0.5	1.96	0.001	0.042074	2.064334	-1.235	3.821247	4.2	-5
Hs =	4	m		1	1.49	0.013	0.751685	2.068217	-0.514	4.09189	4.2	-5
				1.5	0.77	0.023	1.339381	1.736657	0.290	3.698872	4.2	-5
				2	-0.07	0.030	1.709844	1.123429	1.047	2.705936	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	-0.90	0.031	1.802988	0.327993	1.635	1.274125	4.2	-5
Hs	=	4.000	m	3	-1.58	0.028	1.603706	-0.52064	1.957	-0.36433	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	-2.01	0.020	1.14432	-1.28483	1.961	-1.9437	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	-2.11	0.009	0.499338	-1.84064	1.648	-3.20782	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	-1.87	-0.004	-0.22663	-2.09791	1.067	-3.95167	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	-1.33	-0.016	-0.91584	-2.01492	0.314	-4.0546	4.2	-5
Za	=	2.120	m	5.5	-0.57	-0.025	-1.45652	-1.60514	-0.491	-3.49991	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.032	rad	6	0.28	-0.031	-1.76096	-0.93502	-1.216	-2.37757	4.2	-5
$\xi_z$	=	-0.019	rad	6.5	1.09	-0.031	-1.77979	-0.11325	-1.744	-0.86962	4.2	-5
$\epsilon_a$	=	-1.953	rad	7	1.72	-0.026	-1.50996	0.726892	-1.989	0.779374	4.2	-5
				7.5	2.07	-0.017	-0.99523	1.449137	-1.911	2.301964	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				8	2.08	-0.006	-0.31908	1.936346	-1.523	3.451199	4.2	-5
$\lambda_w$	=	93.715	m	8.5	1.76	0.007	0.408816	2.109501	-0.889	4.040686	4.2	-5
$\mu$	=	180°		9	1.15	0.019	1.070408	1.940516	-0.110	3.974817	4.2	-5
Hw	=	4.000	m	9.5	0.36	0.027	1.558391	1.456801	0.687	3.264274	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.000	m	10	-0.50	0.031	1.79362	0.736808	1.372	2.024301	4.2	-5
Zba	=	2.110	m									
$\epsilon_b$	=	-0.613	rad									
$\omega_e$	=	0.811	rad/s									
T	=	7.747	s									
Ke	=	0.067046										
(Zbr)a	=	4.095	m									
$\epsilon_{br}$	=	-0.773	rad									
ar	=	2.3019638	rad.m/s <sup>2</sup>									

1

> Elevasi permukaan air di haluan :  
 $\zeta_b = \zeta_a \cos(k_x \xi - \omega_e t)$

## Perhitungan Elevasi pada Kondisi Tanpa Pengoperasian Streamer

Hs 5 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi						t (s)	Z (m)	$\xi_\theta$ (rad)	$\xi_\theta$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
						0	2.65	-0.015	-0.84295	2.157048	-2.194	3.663547	4.2	-5
$\xi$	=	39.4	m			0.5	2.45	0.001	0.052592	2.580418	-1.543	4.776559	4.2	-5
Hs	=	5	m			1	1.86	0.016	0.939607	2.585271	-0.642	5.114863	4.2	-5
						1.5	0.97	0.029	1.674227	2.170821	0.363	4.62359	4.2	-5
						2	-0.08	0.037	2.137305	1.404287	1.309	3.38242	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m			2.5	-1.12	0.039	2.253735	0.409992	2.043	1.592656	4.2	-5
Hs	=	5.000	m			3	-1.98	0.035	2.004633	-0.6508	2.446	-0.455419	4.2	-5
L	=	76.200	m			3.5	-2.51	0.025	1.430401	-1.60604	2.452	-2.42963	4.2	-5
T	=	4.200	m			4	-2.64	0.011	0.624172	-2.30079	2.060	-4.009781	4.2	-5
fb	=	5.000	m			4.5	-2.34	-0.005	-0.28329	-2.62239	1.334	-4.939587	4.2	-5
Vs	=	15.000	m			5	-1.66	-0.020	-1.14481	-2.51865	0.392	-5.068245	4.2	-5
Za	=	2.650	m			5.5	-0.71	-0.032	-1.82065	-2.00642	-0.614	-4.374887	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.039	rad			6	0.36	-0.038	-2.2012	-1.16877	-1.520	-2.971968	4.2	-5
$\varepsilon_z$	=	-0.019	rad			6.5	1.36	-0.039	-2.22474	-0.14156	-2.180	-1.087027	4.2	-5
$\varepsilon_a$	=	-1.953	rad			7	2.15	-0.033	-1.88745	0.908616	-2.486	0.974217	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler						7.5	2.59	-0.022	-1.24403	1.811421	-2.389	2.877455	4.2	-5
$\lambda_w$	=	93.715	m			8	2.60	-0.007	-0.39885	2.420433	-1.904	4.313999	4.2	-5
$\mu$	=	180°				8.5	2.20	0.009	0.51102	2.636876	-1.111	5.050858	4.2	-5
Hw	=	5.000	m			9	1.44	0.023	1.33801	2.425645	-0.137	4.968521	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.500	m			9.5	0.44	0.034	1.947989	1.821001	0.858	4.080343	4.2	-5
						10	-0.62	0.039	2.242025	0.92101	1.715	2.530376	4.2	-5
					1									
Zba	=	2.637	m											
$\varepsilon_b$	=	-0.613	rad											
$\omega_e$	=	0.811	rad/s											
T	=	7.747	s											
Ke	=	0.06704597												
(Zbr)a	=	5.119	m											
$\varepsilon_{br}$	=	-0.773	rad											
ar	=	3.33349104	rad.m/s <sup>2</sup>											

➤ Elevasi permukaan air di haluan :  
 $\zeta_b = \zeta_a \cos(k_x \xi - \omega_e t)$

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

Hs 6 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_0$ (rad)	$\xi_0$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
				0	3.18	-0.018	-1.01154	2.588457	-2.633	4.396257	4.2	-5
$\xi$	=	39.4	m	0.5	2.95	0.001	0.06311	3.096501	-1.852	5.73187	4.2	-5
Hs	=	6	m	1	2.23	0.020	1.127528	3.102326	-0.771	6.137835	4.2	-5
				1.5	1.16	0.035	2.009072	2.604985	0.436	5.548308	4.2	-5
				2	-0.10	0.045	2.564766	1.685144	1.571	4.058903	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	-1.35	0.047	2.704482	0.49199	2.452	1.911188	4.2	-5
Hs	=	6.000	m	3	-2.37	0.042	2.40556	-0.78096	2.935	-0.5465	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	-3.02	0.030	1.716481	-1.92725	2.942	-2.91556	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	-3.17	0.013	0.749007	-2.76095	2.472	-4.81174	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	-2.81	-0.006	-0.33995	-3.14686	1.601	-5.9275	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	-1.99	-0.024	-1.37377	-3.02238	0.470	-6.08189	4.2	-5
Za	=	3.180	m	5.5	-0.85	-0.038	-2.18478	-2.40771	-0.737	-5.24986	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.047	rad	6	0.43	-0.046	-2.64144	-1.40253	-1.824	-3.56636	4.2	-5
$\epsilon_z$	=	-0.019	rad	6.5	1.63	-0.047	-2.66968	-0.16987	-2.616	-1.30443	4.2	-5
$\epsilon_a$	=	-1.953	rad	7	2.58	-0.040	-2.26494	1.090339	-2.983	1.169061	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				7.5	3.10	-0.026	-1.49284	2.173705	-2.867	3.452945	4.2	-5
$\lambda_w$	=	93.715	m	8	3.13	-0.008	-0.47862	2.904519	-2.285	5.176799	4.2	-5
$\mu$	=	180°		8.5	2.64	0.011	0.613224	3.164251	-1.333	6.06103	4.2	-5
Hw	=	6.000	m	9	1.73	0.028	1.605612	2.910775	-0.165	5.962226	4.2	-5
$\xi_a$	=	3.000	m	9.5	0.53	0.041	2.337587	2.185201	1.030	4.896411	4.2	-5
				10	-0.75	0.047	2.690429	1.105212	2.058	3.036451	4.2	-5
Zba	=	3.164	m									
$\epsilon_b$	=	-0.613	rad									
$\omega_e$	=	0.811	rad/s									
T	=	7.747	s									
Ke	=	0.06704597										
(Zbr)a	=	6.142	m									
$\epsilon_{br}$	=	-0.773	rad									
ar	=	4.00018925	rad.m/s <sup>2</sup>									

1

➤ Elevasi permukaan air di haluan :  
 $\zeta_b = \zeta_a \cos(k_c \xi - \omega_c t)$

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

Hs 4 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG



Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_0$ (rad)	$\xi\theta$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
				0	2.49	-0.006	-0.04071	2.466086	-2.103	4.023429	4.2	-5
$\xi$	=	39.4	m	0.5	2.36	0.005	0.567846	2.738583	-1.411	4.988356	4.2	-5
Hs	=	5	m	1	1.85	0.016	1.086747	2.578717	-0.496	5.165731	4.2	-5
				1.5	1.05	0.023	1.434074	2.011729	0.498	4.52755	4.2	-5
				2	0.09	0.027	1.554993	1.127133	1.412	3.174569	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	-0.89	0.027	1.430412	0.064588	2.104	1.320393	4.2	-5
Hs	=	5.000	m	3	-1.73	0.022	1.080001	-1.00815	2.464	-0.74224	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	-2.30	0.014	0.559081	-1.92173	2.434	-2.6877	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	-2.50	0.004	-0.0501	-2.53191	2.021	-4.20882	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	-2.31	-0.007	-0.65138	-2.74235	1.288	-5.06547	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	-1.75	-0.017	-1.14982	-2.51984	0.352	-5.12238	4.2	-5
Za	=	2.500	m	5.5	-0.92	-0.024	-1.46672	-1.8995	-0.640	-4.37059	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.027	rad	6	0.06	-0.027	-1.55207	-0.97927	-1.530	-2.92878	4.2	-5
$\varepsilon_z$	=	-0.065	rad	6.5	1.03	-0.026	-1.39237	0.095563	-2.179	-1.02457	4.2	-5
$\varepsilon_a$	=	-1.773	rad	7	1.83	-0.021	-1.01285	1.155311	-2.484	1.041386	4.2	-5
				7.5	2.35	-0.013	-0.47343	2.032661	-2.397	2.942935	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				8	2.50	-0.002	0.140744	2.589098	-1.931	4.379859	4.2	-5
$\lambda_w$	=	96.309	m	8.5	2.25	0.009	0.732694	2.736774	-1.161	5.1253	4.2	-5
$\mu$	=	180°		9	1.65	0.018	1.208968	2.452373	-0.207	5.061568	4.2	-5
Hw	=	5.000	m	9.5	0.78	0.025	1.494372	1.780797	0.780	4.198727	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.500	m	10	-0.20	0.028	1.543847	0.828071	1.643	2.672998	4.2	-5
Zba	=	2.742	m									
$\varepsilon_b$	=	-0.453	rad									
$\omega_e$	=	0.800	rad/s									
T	=	7.854	s									
Ke	=	0.06524										
(Zbr)a	=	5.200	m									
$\varepsilon_{br}$	=	-0.686	rad									
ar	=	3.278326	rad.m/s <sup>2</sup>									

1

➤ Elevasi permukaan air di haluan :

$$\zeta_{th} = \zeta_m \cos(k_x \xi - \omega_e t)$$

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

Hs 6 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_0$ (rad)	$\xi\theta$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
				0	2.99	-0.007	-0.38124	2.959303	-2.524	4.828115	4.2	-5
$\xi =$	39.4	m		0.5	2.83	0.006	0.372108	3.286299	-1.693	5.986027	4.2	-5
Hs =	6	m		1	2.22	0.019	1.066712	3.094461	-0.595	6.198877	4.2	-5
				1.5	1.27	0.028	1.592906	2.414075	0.597	5.43306	4.2	-5
				2	0.11	0.033	1.867615	1.35256	1.695	3.809483	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	-1.07	0.032	1.847468	0.077506	2.525	1.584472	4.2	-5
Hs	=	6.000	m	3	-2.08	0.027	1.535647	-1.20979	2.957	-0.89069	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	-2.76	0.017	0.981381	-2.30608	2.921	-3.22524	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	-3.00	0.005	0.272177	-3.03829	2.425	-5.05059	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	-2.77	-0.008	-0.48	-3.29083	1.546	-6.07856	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	-2.10	-0.020	-1.15639	-3.02381	0.422	-6.14686	4.2	-5
Za	=	3.000	m	5.5	-1.10	-0.029	-1.65022	-2.2794	-0.768	-5.24471	4.2	-5
$\Theta a$	=	0.033	rad	6	0.07	-0.033	-1.88351	-1.17513	-1.836	-3.51453	4.2	-5
$\varepsilon z$	=	-0.065	rad	6.5	1.23	-0.032	-1.81944	0.114676	-2.615	-1.22949	4.2	-5
$\varepsilon a$	=	-1.773	rad	7	2.20	-0.026	-1.46812	1.386373	-2.981	1.249663	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				7.5	2.82	-0.015	-0.88501	2.439193	-2.876	3.531522	4.2	-5
$\lambda_w$	=	96.309	m	8	3.00	-0.003	-0.16218	3.106918	-2.318	5.255831	4.2	-5
$\mu$	=	180°		8.5	2.70	0.010	0.586252	3.284129	-1.393	6.15036	4.2	-5
Hw	=	6.000	m	9	1.97	0.022	1.242129	2.942848	-0.248	6.073882	4.2	-5
$\xi_a$	=	3.000	m	9.5	0.94	0.030	1.701901	2.136956	0.936	5.038472	4.2	-5
				10	-0.24	0.033	1.892981	0.993686	1.972	3.207598	4.2	-5
Zba	=	3.291	m									
$\varepsilon b$	=	-0.453	rad									
$\omega_e$	=	0.800	rad/s									
T	=	7.854	s									
Ke	=	0.06524										
(Zbr)a	=	6.239	m									
$\varepsilon_{br}$	=	-0.686	rad									
ar	=	3.933991	rad.m/s <sup>2</sup>									

1

➤ Elevasi permukaan air di haluan :

$$\zeta_{ti} = \zeta_a \cos(k_c \xi - \omega_c t)$$

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Full Load*

Hs 4 m, Heading 180°, Titik tinjau 39,4 m dari COG



Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi^0$ (rad)	$\xi^0$ (deg)	Zb (m)	$\zeta^b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
				0	-2.06	0.070	3.99	0.687618	0.249	0.450814	4.2	-5
$\xi =$	39.4	m		0.5	-1.49	0.067	3.811793	1.129714	0.825	1.519871	4.2	-5
Hs =	4	m		1	-0.79	0.057	3.293089	1.470896	1.326	2.453163	4.2	-5
				1.5	-0.02	0.043	2.480224	1.680687	1.709	3.167321	4.2	-5
				2	0.75	0.025	1.445807	1.740348	1.940	3.598551	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	1.45	0.005	0.282241	1.644548	1.997	3.708334	4.2	-5
Hs	=	4.000	m	3	2.03	-0.016	-0.90654	1.401846	1.876	3.486862	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	2.42	-0.035	-2.01434	1.033921	1.587	2.953919	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	2.60	-0.051	-2.9422	0.573639	1.157	2.157111	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	2.54	-0.063	-3.60725	0.062115	0.623	1.167616	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	2.26	-0.069	-3.95007	-0.45496	0.033	0.07382	4.2	-5
Za	=	2.605	m	5.5	1.78	-0.069	-3.94004	-0.93139	-0.559	-1.02657	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.070	rad	6	1.14	-0.062	-3.57807	-1.32462	-1.102	-2.03526	4.2	-5
$\xi_z$	=	3.803	rad	6.5	0.39	-0.051	-2.89647	-1.59953	-1.546	-2.86214	4.2	-5
$\epsilon_a$	=	6.283	rad	7	-0.39	-0.034	-1.95614	-1.73156	-1.852	-3.43336	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				7.5	-1.13	-0.015	-0.84108	-1.70891	-1.992	-3.69789	4.2	-5
$\lambda_w$	=	171.217	m	8	-1.77	0.006	0.349121	-1.53361	-1.955	-3.6321	4.2	-5
$\mu$	=	180°		8.5	-2.26	0.026	1.508131	-1.22132	-1.743	-3.24186	4.2	-5
Hw	=	4.000	m	9	-2.54	0.044	2.532425	-0.79993	-1.375	-2.56203	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.000	m	9.5	-2.60	0.058	3.330504	-0.30709	-0.885	-1.65335	4.2	-5
				10	-2.42	0.067	3.831079	0.213189	-0.315	-0.59698	4.2	-5
				10.5	-2.03	0.070	3.989436	0.714422	0.283	0.512721	4.2	-5
				1								
Zba	=	1.741	m	<div>           ➤ Elevasi permukaan air di haluan :           <math display="block">\zeta_b = \zeta_a \cos(k_e \xi - \omega_e t)</math> </div>								
$\epsilon_b$	=	-1.165	rad									
$\omega_e$	=	0.600	rad/s									
T	=	10.472	s									
Ke	=	0.036697248										
(Zbr)a	=	3.713	m									
$\epsilon_{br}$	=	-1.449	rad									
ar	=	-0.369565101	rad.m/s <sup>2</sup>									

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Full Load*

Hs 5 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi						t (s)	Z (m)	$\xi_{\theta}$ (rad)	$\xi_{\theta}$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)				
						0	-2.57	0.087	4.9875	0.859523	0.312	0.563518	4.2	-5				
$\xi = 39.4$ m						0.5	-1.86	0.083	4.764741	1.412143	1.031	1.899839	4.2	-5				
Hs = 5 m						1	-0.99	0.072	4.116361	1.83862	1.658	3.066454	4.2	-5				
						1.5	-0.03	0.054	3.10028	2.100859	2.137	3.959151	4.2	-5				
						2	0.93	0.032	1.807259	2.175435	2.425	4.498189	4.2	-5				
$\xi$	=	39.400	m			2.5	1.81	0.006	0.352802	2.055685	2.496	4.635417	4.2	-5				
Hs	=	5.000	m			3	2.53	-0.020	-1.13317	1.752307	2.345	4.358577	4.2	-5				
L	=	76.200	m			3.5	3.02	-0.044	-2.51792	1.292401	1.984	3.692399	4.2	-5				
T	=	4.200	m			4	3.25	-0.064	-3.67775	0.717048	1.446	2.696389	4.2	-5				
fb	=	5.000	m			4.5	3.18	-0.079	-4.50906	0.077644	0.779	1.459519	4.2	-5				
Vs	=	15.000	m			5	2.83	-0.086	-4.93759	-0.5687	0.042	0.092275	4.2	-5				
Za	=	3.257	m			5.5	2.22	-0.086	-4.92506	-1.16424	-0.699	-1.28321	4.2	-5				
$\Theta_a$	=	0.087	rad			6	1.42	-0.078	-4.47258	-1.65578	-1.377	-2.54407	4.2	-5				
$\xi_z$	=	3.803	rad			6.5	0.49	-0.063	-3.62059	-1.99942	-1.932	-3.57768	4.2	-5				
$\epsilon_a$	=	6.283	rad			7	-0.48	-0.043	-2.44518	-2.16445	-2.315	-4.2917	4.2	-5				
Berada diatas gelombang reguler						7.5	-1.41	-0.018	-1.05134	-2.13614	-2.490	-4.62236	4.2	-5				
				$\lambda_w$	=	171.217	m			8	-2.22	0.008	0.436401	-1.91702	-2.444	-4.54012	4.2	-5
				$\mu$	=	180°				8.5	-2.82	0.033	1.885164	-1.52665	-2.179	-4.05232	4.2	-5
				Hw	=	5.000	m			9	-3.18	0.055	3.165531	-0.99991	-1.719	-3.20254	4.2	-5
				$\xi_a$	=	2.500	m			9.5	-3.25	0.073	4.16313	-0.38386	-1.106	-2.06669	4.2	-5
						10	-3.03	0.084	4.788849	0.266487	-0.394	-0.74622	4.2	-5				
						10.5	-2.54	0.087	4.986795	0.893027	0.353	0.640902	4.2	-5				
					1	<div><div>&gt; Elevasi permukaan air di haluan :</div><div><math>\zeta_b = \zeta_a \cos(k_a \xi - \omega_a t)</math></div></div>												
Zba	=	2.177	m															
$\epsilon_b$	=	-1.165	rad															
$\omega_e$	=	0.600	rad/s															
T	=	10.472	s															
Ke	=	0.03669725																
(Zbr)a	=	4.641	m															
$\epsilon_{br}$	=	-1.449	rad															
ar	=	1.66405053	rad.m/s <sup>2</sup>															

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Full Load*

Hs 6 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi							t (s)	Z (m)	$\xi_0$ (rad)	$\xi_0$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
							0	-3.08	0.104	5.985	1.031427	0.374	0.676222	4.2	-5
	$\xi =$	39.4	m				0.5	-2.24	0.100	5.717689	1.694571	1.237	2.279807	4.2	-5
	Hs =	6	m				1	-1.19	0.086	4.939634	2.206344	1.989	3.679744	4.2	-5
							1.5	-0.04	0.065	3.720336	2.521031	2.564	4.750981	4.2	-5
							2	1.12	0.038	2.168711	2.610522	2.910	5.397827	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m				2.5	2.18	0.007	0.423362	2.466822	2.996	5.562501	4.2	-5
Hs	=	6.000	m				3	3.04	-0.024	-1.3598	2.102769	2.814	5.230293	4.2	-5
L	=	76.200	m				3.5	3.63	-0.053	-3.0215	1.550881	2.381	4.430879	4.2	-5
T	=	4.200	m				4	3.90	-0.077	-4.4133	0.860458	1.735	3.235667	4.2	-5
fb	=	5.000	m				4.5	3.81	-0.094	-5.41087	0.093173	0.934	1.751423	4.2	-5
Vs	=	15.000	m				5	3.39	-0.103	-5.92511	-0.68244	0.050	0.11073	4.2	-5
Za	=	3.908	m				5.5	2.67	-0.103	-5.91007	-1.39708	-0.839	-1.53985	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.104	rad				6	1.70	-0.094	-5.3671	-1.98693	-1.652	-3.05289	4.2	-5
$\varepsilon_z$	=	3.803	rad				6.5	0.59	-0.076	-4.3447	-2.3993	-2.319	-4.29322	4.2	-5
$\varepsilon_a$	=	6.283	rad				7	-0.58	-0.051	-2.93421	-2.59734	-2.778	-5.15005	4.2	-5
							7.5	-1.70	-0.022	-1.26161	-2.56337	-2.989	-5.54684	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler							8	-2.66	0.009	0.523681	-2.30042	-2.932	-5.44814	4.2	-5
$\lambda_w$	=	171.217	m				8.5	-3.39	0.039	2.262197	-1.83198	-2.615	-4.86278	4.2	-5
$\mu$	=	180°					9	-3.81	0.066	3.798637	-1.1999	-2.063	-3.84305	4.2	-5
Hw	=	6.000	m				9.5	-3.90	0.087	4.995756	-0.46063	-1.327	-2.48002	4.2	-5
$\xi_a$	=	3.000	m				10	-3.63	0.100	5.746619	0.319784	-0.473	-0.89547	4.2	-5
							10.5	-3.04	0.104	5.984154	1.071633	0.424	0.769082	4.2	-5
						1									
Zba	=	2.612	m												
$\varepsilon_b$	=	-1.165	rad												
$\omega_e$	=	0.600	rad/s												
T	=	10.472	s												
Ke	=	0.03669725													
(Zbr)a	=	5.570	m												
$\varepsilon_{br}$	=	-1.449	rad												
ar	=	1.99686064	rad.m/s <sup>2</sup>												

> Elevasi permukaan air di haluan :  
 $\zeta_b = \zeta_a \cos(k_e \xi - \omega_e t)$

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Full Load*

Hs 4 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi						t (s)	Z (m)	$\xi_\theta$ (rad)	$\xi_\theta$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
						0	-1.07	0.055	3.139572	1.092206	0.249	0.894276	4.2	-5
$\xi$	=	39.4	m			0.5	-0.41	0.048	2.738525	1.472539	0.825	1.931649	4.2	-5
Hs	=	4	m			1	0.28	0.037	2.092854	1.721335	1.326	2.796473	4.2	-5
						1.5	0.95	0.022	1.260235	1.816369	1.709	3.411497	4.2	-5
						2	1.53	0.005	0.315042	1.749152	1.940	3.721782	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m			2.5	1.98	-0.011	-0.65829	1.525689	1.997	3.699611	4.2	-5
Hs	=	4.000	m			3	2.25	-0.027	-1.57282	1.16594	1.876	3.346965	4.2	-5
L	=	76.200	m			3.5	2.32	-0.041	-2.34686	0.702042	1.587	2.695344	4.2	-5
T	=	4.200	m			4	2.18	-0.051	-2.91126	0.175432	1.157	1.802957	4.2	-5
fb	=	5.000	m			4.5	1.84	-0.056	-3.2156	-0.36685	0.623	0.749516	4.2	-5
Vs	=	15.000	m			5	1.35	-0.056	-3.2327	-0.87636	0.033	-0.37088	4.2	-5
Za	=	2.319	m			5.5	0.73	-0.052	-2.96104	-1.30759	-0.559	-1.45814	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.057	rad			6	0.05	-0.042	-2.42487	-1.62201	-1.102	-2.41515	4.2	-5
$\xi_z$	=	4.234	rad			6.5	-0.64	-0.029	-1.6721	-1.79155	-1.546	-3.15642	4.2	-5
$\xi_a$	=	0.274	rad			7	-1.27	-0.013	-0.76997	-1.80105	-1.852	-3.61574	4.2	-5
						7.5	-1.79	0.004	0.200947	-1.64967	-1.992	-3.75208	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler						8	-2.14	0.020	1.153912	-1.35093	-1.955	-3.55325	4.2	-5
$\lambda_w$	=	171.217	m			8.5	-2.31	0.035	2.003801	-0.93152	-1.743	-3.03703	4.2	-5
$\mu$	=	180°				9	-2.27	0.047	2.674696	-0.42889	-1.375	-2.24951	4.2	-5
Hw	=	4.000	m			9.5	-2.02	0.054	3.106669	0.112046	-0.885	-1.26105	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.000	m			10	-1.60	0.057	3.261132	0.642974	-0.315	-0.15995	4.2	-5
						10.5	-1.03	0.055	3.124288	1.116466	0.283	0.955445	4.2	-5
					1	<div>           &gt; Elevasi permukaan air di haluan :  <math>\zeta_b = \zeta_a \cos(k_x \xi - \omega_e t)</math> </div>								
Zba	=	1.817	m											
$\xi_b$	=	-0.926	rad											
$\omega_e$	=	0.600	rad/s											
T	=	10.472	s											
Ke	=	0.036697248												
(Zbr)a	=	3.754	m											
$\xi_{br}$	=	-1.330	rad											
ar	=	1.350748837	rad.m/s <sup>2</sup>											

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Full Load*

Hs 5 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_\theta$ (rad)	$\xi_\theta$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
$\xi =$	39.4	m		0	-1.33	0.068	3.924465	1.365257	0.374	1.117845	4.2	-5
Hs =	5	m		0.5	-0.51	0.060	3.423157	1.840674	1.237	2.414561	4.2	-5
				1	0.35	0.046	2.616068	2.151669	1.989	3.495591	4.2	-5
				1.5	1.19	0.027	1.575294	2.270461	2.564	4.264371	4.2	-5
				2	1.92	0.007	0.393803	2.18644	2.910	4.652227	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	2.47	-0.014	-0.82286	1.907111	2.996	4.624513	4.2	-5
Hs	=	5.000	m	3	2.81	-0.034	-1.96603	1.457425	2.814	4.183706	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	2.89	-0.051	-2.93357	0.877552	2.381	3.36918	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	2.72	-0.064	-3.63907	0.21929	1.735	2.253696	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	2.31	-0.070	-4.0195	-0.45856	0.934	0.936895	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	1.68	-0.071	-4.04088	-1.09545	0.050	-0.4636	4.2	-5
Za	=	2.899	m	5.5	0.91	-0.065	-3.7013	-1.63449	-0.839	-1.82267	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.071	rad	6	0.06	-0.053	-3.03109	-2.02752	-1.652	-3.01894	4.2	-5
$\xi_z$	=	4.234	rad	6.5	-0.80	-0.036	-2.09013	-2.23944	-2.319	-3.94553	4.2	-5
$\epsilon_a$	=	0.274	rad	7	-1.59	-0.017	-0.96246	-2.25131	-2.778	-4.51968	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				7.5	-2.23	0.004	0.251184	-2.06209	-2.989	-4.6901	4.2	-5
$\lambda_w$	=	171.217	m	8	-2.68	0.025	1.442389	-1.68866	-2.932	-4.44157	4.2	-5
$\mu$	=	180°		8.5	-2.89	0.044	2.504751	-1.16439	-2.615	-3.79628	4.2	-5
Hw	=	6.000	m	9	-2.84	0.058	3.34337	-0.53611	-2.063	-2.81189	4.2	-5
$\xi_a$	=	3.000	m	9.5	-2.53	0.068	3.883336	0.140057	-1.327	-1.57631	4.2	-5
				10	-2.00	0.071	4.076415	0.803717	-0.473	-0.19993	4.2	-5
				10.5	-1.29	0.068	3.905361	1.395583	0.424	1.194306	4.2	-5
				1								
Zba	=	2.271	m	<div>           ➤ Elevasi permukaan air di haluan :           <math display="block">\zeta_{th} = \zeta_a \cos(k_u \xi - \omega_e t)</math> </div>								
$\epsilon_b$	=	-0.926	rad									
$\omega_e$	=	0.600	rad/s									
T	=	10.472	s									
Ke	=	0.036697248										
(Zbr)a	=	4.692	m									
$\epsilon_{br}$	=	-1.330	rad									
ar	=	1.688436047	rad.m/s <sup>2</sup>									

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Full Load*

Hs 6 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_\theta$ (rad)	$\xi_\theta$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
$\xi =$	39.4	m		0	-1.60	0.082	4.709358	1.638309	0.374	1.341414	4.2	-5
Hs =	6	m		0.5	-0.62	0.072	4.107788	2.208809	1.237	2.897473	4.2	-5
				1	0.42	0.055	3.139282	2.582002	1.989	4.19471	4.2	-5
				1.5	1.42	0.033	1.890352	2.724553	2.564	5.117245	4.2	-5
				2	2.30	0.008	0.472564	2.623728	2.910	5.582672	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	2.97	-0.017	-0.98744	2.288533	2.996	5.549416	4.2	-5
Hs	=	6.000	m	3	3.37	-0.041	-2.35923	1.748911	2.814	5.020447	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	3.47	-0.061	-3.52029	1.053063	2.381	4.043016	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	3.27	-0.076	-4.36688	0.263148	1.735	2.704435	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	2.77	-0.084	-4.8234	-0.55027	0.934	1.124274	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	2.02	-0.085	-4.84906	-1.31454	0.050	-0.55631	4.2	-5
Za	=	3.478	m	5.5	1.09	-0.078	-4.44156	-1.96138	-0.839	-2.18721	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.085	rad	6	0.07	-0.063	-3.63731	-2.43302	-1.652	-3.62273	4.2	-5
$\varepsilon_z$	=	4.234	rad	6.5	-0.96	-0.044	-2.50815	-2.68732	-2.319	-4.73464	4.2	-5
$\varepsilon_a$	=	0.274	rad	7	-1.91	-0.020	-1.15495	-2.70158	-2.778	-5.42362	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				7.5	-2.68	0.005	0.301421	-2.47451	-2.989	-5.62812	4.2	-5
$\lambda_w$	=	171.217	m	8	-3.22	0.030	1.730867	-2.0264	-2.932	-5.32988	4.2	-5
$\mu$	=	180°		8.5	-3.46	0.052	3.005701	-1.39727	-2.615	-4.55554	4.2	-5
Hw	=	6.000	m	9	-3.40	0.070	4.012044	-0.64334	-2.063	-3.37426	4.2	-5
$\xi_a$	=	3.000	m	9.5	-3.04	0.081	4.660003	0.168069	-1.327	-1.89158	4.2	-5
				10	-2.40	0.085	4.891698	0.96446	-0.473	-0.23992	4.2	-5
				10.5	-1.55	0.082	4.686433	1.674699	0.424	1.433167	4.2	-5
				1								
Zba	=	2.725	m	<div>Elevasi permukaan air di haluan :</div> <div><math>\zeta_{ti} = \zeta_a \cos(k_x \xi - \omega_e t)</math></div>								
$\varepsilon_b$	=	-0.926	rad									
$\omega_e$	=	0.600	rad/s									
T	=	10.472	s									
Ke	=	0.036697248										
(Zbr)a	=	5.630	m									
$\varepsilon_{br}$	=	-1.330	rad									
ar	=	2.026123256	rad.m/s <sup>2</sup>									

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Full Load*

Hs 4 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_\theta$ (rad)	$\xi_\theta$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
$\xi$	=	39.4	m	0	0.29	0.032	1.825484	1.542936	-0.252	1.488341	4.2	-5
Hs	=	4	m	0.5	0.76	0.025	1.448638	1.755575	0.395	2.476929	4.2	-5
				1	1.15	0.016	0.920121	1.784409	1.001	3.206185	4.2	-5
				1.5	1.42	0.005	0.295269	1.626417	1.501	3.599759	4.2	-5
				2	1.55	-0.006	-0.3605	1.298142	1.845	3.616443	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	1.51	-0.017	-0.97852	0.833954	1.995	3.25449	4.2	-5
Hs	=	4.000	m	3	1.31	-0.026	-1.49409	0.282451	1.936	2.551798	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	0.98	-0.032	-1.85324	-0.29862	1.675	1.581936	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	0.54	-0.035	-2.01835	-0.84843	1.238	0.446447	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	0.05	-0.034	-1.97214	-1.30941	0.672	-0.73578	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	-0.45	-0.030	-1.71946	-1.6333	0.035	-1.84098	4.2	-5
Za	=	1.552	m	5.5	-0.90	-0.022	-1.28675	-1.78618	-0.605	-2.75343	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.035	rad	6	-1.26	-0.013	-0.71931	-1.75205	-1.182	-3.37759	4.2	-5
$\Xi_z$	=	4.899	rad	6.5	-1.48	-0.001	-0.07657	-1.53449	-1.635	-3.64813	4.2	-5
$\Xi_a$	=	0.450	rad	7	-1.55	0.010	0.574188	-1.15626	-1.917	-3.53672	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				7.5	-1.46	0.020	1.164831	-0.65698	-1.999	-3.05501	4.2	-5
$\lambda_w$	=	145.889	m	8	-1.21	0.029	1.633518	-0.08891	-1.871	-2.25345	4.2	-5
$\mu$	=	180°		8.5	-0.84	0.034	1.931178	0.488466	-1.547	-1.21596	4.2	-5
Hw	=	4.000	m	9	-0.38	0.035	2.026647	1.014701	-1.061	-0.05116	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.000	m	9.5	0.12	0.033	1.909928	1.434698	-0.464	1.119002	4.2	-5
				10	0.61	0.028	1.593243	1.704484	0.181	2.172003	4.2	-5
				10.5	1.03	0.019	1.109748	1.795814	0.808	2.997598	4.2	-5
				1								
Zba	=	1.796	m	<div>           ➤ Elevasi permukaan air di haluan :  <math>\zeta_b = \zeta_a \cos(k_x \xi - \omega_e t)</math> </div>								
$\Xi_b$	=	-0.537	rad									
$\omega_e$	=	0.650	rad/s									
T	=	9.666	s									
Ke	=	0.043068298										
(Zbr)a	=	3.657	m									
$\Xi_{br}$	=	-1.152	rad									
ar	=	1.54133622	rad.m/s <sup>2</sup>									

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Full Load*

Hs 5 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_0$ (rad)	$\xi_0$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
$\xi =$	39.4	m		0	0.36	0.040	2.281855	1.928669	-0.314	1.860427	4.2	-5
Hs =	5	m		0.5	0.95	0.032	1.810797	2.194469	0.494	3.096161	4.2	-5
				1	1.44	0.020	1.150151	2.230511	1.251	4.007731	4.2	-5
				1.5	1.78	0.006	0.369086	2.033022	1.876	4.499698	4.2	-5
				2	1.93	-0.008	-0.45062	1.622678	2.306	4.520553	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	1.88	-0.021	-1.22315	1.042442	2.494	4.068113	4.2	-5
Hs	=	5.000	m	3	1.64	-0.033	-1.86762	0.353064	2.420	3.189747	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	1.22	-0.040	-2.31655	-0.37328	2.094	1.977419	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	0.67	-0.044	-2.52294	-1.06054	1.548	0.558059	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	0.06	-0.043	-2.46518	-1.63677	0.840	-0.91973	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	-0.56	-0.038	-2.14932	-2.04162	0.044	-2.30122	4.2	-5
Za	=	1.939	m	5.5	-1.13	-0.028	-1.60843	-2.23273	-0.756	-3.44178	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.044	rad	6	-1.57	-0.016	-0.89914	-2.19006	-1.478	-4.22199	4.2	-5
$\xi_z$	=	4.899	rad	6.5	-1.85	-0.002	-0.09571	-1.91811	-2.044	-4.56017	4.2	-5
$\epsilon_a$	=	0.450	rad	7	-1.94	0.013	0.717735	-1.44533	-2.397	-4.4209	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				7.5	-1.82	0.025	1.456039	-0.82122	-2.498	-3.81877	4.2	-5
$\lambda_w$	=	145.889	m	8	-1.52	0.036	2.041898	-0.11114	-2.338	-2.81682	4.2	-5
$\mu$	=	180°		8.5	-1.05	0.042	2.413973	0.610582	-1.934	-1.51995	4.2	-5
Hw	=	5.000	m	9	-0.47	0.044	2.533308	1.268376	-1.326	-0.06395	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.500	m	9.5	0.15	0.042	2.38741	1.793372	-0.580	1.398753	4.2	-5
				10	0.76	0.035	1.991554	2.130606	0.226	2.715004	4.2	-5
				10.5	1.29	0.024	1.387185	2.244767	1.010	3.746997	4.2	-5
				1								
Zba	=	2.245	m	<div>           &gt; Elevasi permukaan air di haluan :  <math>\zeta_k = \zeta_a \cos(k_c \xi - \omega_c t)</math> </div>								
$\epsilon_b$	=	-0.537	rad									
$\omega_e$	=	0.650	rad/s									
T	=	9.666	s									
Ke	=	0.043068298										
(Zbr)a	=	4.571	m									
$\epsilon_{br}$	=	-1.152	rad									
ar	=	1.926670274	rad.m/s <sup>2</sup>									

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Full Load*

Hs 6 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG



Perhitungan Elevasi							t (s)	Z (m)	$\xi_0$ (rad)	$\xi_0$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
							0	0.43	0.048	2.738227	2.314403	-0.377	2.232512	4.2	-5
$\xi$	=	39.4	m				0.5	1.14	0.038	2.172957	2.633363	0.593	3.715393	4.2	-5
Hs	=	6	m				1	1.73	0.024	1.380181	2.676613	1.501	4.809278	4.2	-5
							1.5	2.14	0.008	0.442903	2.439626	2.252	5.399638	4.2	-5
							2	2.32	-0.009	-0.54075	1.947213	2.767	5.424664	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m				2.5	2.26	-0.026	-1.46778	1.25093	2.992	4.881736	4.2	-5
Hs	=	6.000	m				3	1.96	-0.039	-2.24114	0.423677	2.904	3.827697	4.2	-5
L	=	76.200	m				3.5	1.46	-0.049	-2.77986	-0.44794	2.512	2.372903	4.2	-5
T	=	4.200	m				4	0.81	-0.053	-3.02752	-1.27265	1.858	0.669671	4.2	-5
fb	=	5.000	m				4.5	0.07	-0.052	-2.95822	-1.96412	1.008	-1.10368	4.2	-5
Vs	=	15.000	m				5	-0.68	-0.045	-2.57919	-2.44995	0.053	-2.76147	4.2	-5
Za	=	2.327	m				5.5	-1.35	-0.034	-1.93012	-2.67927	-0.907	-4.13014	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.053	rad				6	-1.89	-0.019	-1.07897	-2.62808	-1.773	-5.06639	4.2	-5
$\xi_z$	=	4.899	rad				6.5	-2.22	-0.002	-0.11486	-2.30173	-2.453	-5.4722	4.2	-5
$\xi_a$	=	0.450	rad				7	-2.33	0.015	0.861282	-1.73439	-2.876	-5.30508	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler							7.5	-2.19	0.030	1.747247	-0.98547	-2.998	-4.58252	4.2	-5
$\lambda_w$	=	145.889	m				8	-1.82	0.043	2.450277	-0.13337	-2.806	-3.38018	4.2	-5
$\mu$	=	180°					8.5	-1.26	0.051	2.896767	0.732698	-2.320	-1.82394	4.2	-5
Hw	=	6.000	m				9	-0.57	0.053	3.03997	1.522051	-1.592	-0.07673	4.2	-5
$\xi_a$	=	3.000	m				9.5	0.18	0.050	2.864892	2.152047	-0.696	1.678503	4.2	-5
							10	0.91	0.042	2.389865	2.556727	0.272	3.258004	4.2	-5
							10.5	1.55	0.029	1.664621	2.693721	1.212	4.496397	4.2	-5
						1	<div>Elevasi permukaan air di haluan :</div> <div><math>\zeta_b = \zeta_a \cos(k_a \xi_s - \omega_a t)</math></div>								
Zba	=	2.694	m												
$\xi_b$	=	-0.537	rad												
$\omega_e$	=	0.650	rad/s												
T	=	9.666	s												
Ke	=	0.043068298													
(Zbr)a	=	5.485	m												
$\xi_{br}$	=	-1.152	rad												
ar	=	2.312004329	rad.m/s <sup>2</sup>												

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Light Load*

Hs 4 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi						t (s)	Z (m)	$\xi^0$ (rad)	$\xi^0$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
						0	-2.19	0.072	4.135356	0.658434	0.249	0.419427	4.2	-5
$\xi = 39.4$ m						0.5	-1.59	0.069	3.950656	1.122061	0.825	1.50705	4.2	-5
Hs = 4 m						1	-0.86	0.060	3.413057	1.485457	1.326	2.460052	4.2	-5
						1.5	-0.05	0.045	2.570579	1.716162	1.709	3.193305	4.2	-5
						2	0.76	0.026	1.498478	1.793567	1.940	3.64131	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m			2.5	1.51	0.005	0.292524	1.710758	1.997	3.764048	4.2	-5
Hs	=	4.000	m			3	2.12	-0.016	-0.93956	1.475133	1.876	3.550554	4.2	-5
L	=	76.200	m			3.5	2.54	-0.036	-2.08772	1.107738	1.587	3.0199	4.2	-5
T	=	4.200	m			4	2.74	-0.053	-3.04939	0.641392	1.157	2.219487	4.2	-5
fb	=	5.000	m			4.5	2.69	-0.065	-3.73866	0.117752	0.623	1.220814	4.2	-5
Vs	=	15.000	m			5	2.40	-0.071	-4.09397	-0.41641	0.033	0.11309	4.2	-5
Za	=	2.749	m			5.5	1.89	-0.071	-4.08358	-0.91337	-0.559	-1.00474	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.072	rad			6	1.22	-0.065	-3.70842	-1.32874	-1.102	-2.03281	4.2	-5
$\xi_z$	=	3.794	rad			6.5	0.44	-0.052	-3.00199	-1.62542	-1.546	-2.8793	4.2	-5
$\xi_a$	=	6.283	rad			7	-0.38	-0.035	-2.0274	-1.77691	-1.852	-3.4686	4.2	-5
						7.5	-1.17	-0.015	-0.87172	-1.76967	-1.992	-3.74805	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler						8	-1.85	0.006	0.361839	-1.60435	-1.955	-3.6927	4.2	-5
$\lambda_w$	=	171.217	m			8.5	-2.37	0.027	1.563073	-1.29572	-1.743	-3.30749	4.2	-5
$\mu$	=	180°				9	-2.68	0.046	2.624681	-0.87135	-1.375	-2.62684	4.2	-5
Hw	=	4.000	m			9.5	-2.74	0.060	3.451835	-0.36914	-0.885	-1.71153	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.000	m			10	-2.56	0.069	3.970646	0.166043	-0.315	-0.64334	4.2	-5
						10.5	-2.16	0.072	4.134771	0.686393	0.283	0.482315	4.2	-5
					1									
Zba	=	1.794	m			<div>➤ Elevasi permukaan air di haluan : <math>\zeta_b = \zeta_a \cos (k_c \xi - \omega_c t)</math></div>								
$\xi_b$	=	-1.195	rad											
$\omega_e$	=	0.600	rad/s											
T	=	10.472	s											
Ke	=	0.036697248												
(Zbr)a	=	3.767	m											
$\xi_{br}$	=	-1.459	rad											
ar	=	1.349297487	rad.m/s <sup>2</sup>											

**Hs 5 m, Heading 180°, Titik tinjau 39,4 m dari COG**

Perhitungan Elevasi						t (s)	Z (m)	$\xi_0$ (rad)	$\xi_0$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
						0	-2.73	0.090	5.169195	0.823043	0.312	0.524283	4.2	-5
$\xi$	=	39.4	m			0.5	-1.99	0.086	4.938321	1.402576	1.031	1.883812	4.2	-5
Hs	=	5	m			1	-1.08	0.074	4.266321	1.856821	1.658	3.075065	4.2	-5
						1.5	-0.06	0.056	3.213223	2.145202	2.137	3.991632	4.2	-5
						2	0.95	0.033	1.873098	2.241959	2.425	4.551638	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m			2.5	1.89	0.006	0.365654	2.138448	2.496	4.70506	4.2	-5
Hs	=	5.000	m			3	2.65	-0.020	-1.17445	1.843916	2.345	4.438193	4.2	-5
L	=	76.200	m			3.5	3.18	-0.046	-2.60965	1.384672	1.984	3.774875	4.2	-5
T	=	4.200	m			4	3.42	-0.067	-3.81173	0.80174	1.446	2.774359	4.2	-5
fb	=	5.000	m			4.5	3.36	-0.082	-4.67333	0.147191	0.779	1.526018	4.2	-5
Vs	=	15.000	m			5	3.00	-0.089	-5.11746	-0.52051	0.042	0.141362	4.2	-5
Za	=	3.437	m			5.5	2.37	-0.089	-5.10448	-1.14171	-0.699	-1.25592	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.090	rad			6	1.53	-0.081	-4.63552	-1.66093	-1.377	-2.54102	4.2	-5
$\xi_z$	=	3.794	rad			6.5	0.55	-0.065	-3.75249	-2.03178	-1.932	-3.59913	4.2	-5
$\xi_a$	=	6.283	rad			7	-0.48	-0.044	-2.53425	-2.22114	-2.315	-4.33575	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler						7.5	-1.46	-0.019	-1.08964	-2.21209	-2.490	-4.68506	4.2	-5
$\lambda_w$	=	171.217	m			8	-2.32	0.008	0.452299	-2.00544	-2.444	-4.61587	4.2	-5
$\mu$	=	180°				8.5	-2.96	0.034	1.953841	-1.61965	-2.179	-4.13436	4.2	-5
Hw	=	5.000	m			9	-3.35	0.057	3.280851	-1.08918	-1.719	-3.28354	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.500	m			9.5	-3.43	0.075	4.314793	-0.46142	-1.106	-2.13941	4.2	-5
						10	-3.21	0.087	4.963307	0.207553	-0.394	-0.80418	4.2	-5
						10.5	-2.70	0.090	5.168464	0.857991	0.353	0.602893	4.2	-5
					1	<div>           &gt; Elevasi permukaan air di haluan :  <math>\zeta_b = \zeta_a \cos(k_c \xi - \omega_c t)</math> </div>								
Zba	=	2.242	m											
$\xi_b$	=	-1.195	rad											
$\omega_e$	=	0.600	rad/s											
T	=	10.472	s											
Ke	=	0.03669725												
(Zbr)a	=	4.709	m											
$\xi_{br}$	=	-1.459	rad											
ar	=	1.68662186	rad.m/s <sup>2</sup>											

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Light Load*

Hs 6 m, Heading 180° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

[illegible]

### Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Light Load*

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi^0$ (rad)	$\xi^0$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
				0	-1.17	0.058	3.296303	1.09202	0.249	0.888489	4.2	-5
$\xi$ =	39.4	m		0.5	-0.48	0.050	2.886287	1.505912	0.825	1.954752	4.2	-5
Hs =	4	m		1	0.26	0.039	2.218447	1.785285	1.326	2.846402	4.2	-5
				1.5	0.98	0.024	1.35244	1.905184	1.709	3.483792	4.2	-5
				2	1.60	0.006	0.365623	1.854899	1.940	3.809986	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	2.09	-0.011	-0.65385	1.638921	1.997	3.795844	4.2	-5
Hs	=	4.000	m	3	2.39	-0.028	-1.61492	1.276543	1.876	3.442632	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	2.47	-0.042	-2.43174	0.800135	1.587	2.781899	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	2.34	-0.053	-3.03133	0.252254	1.157	1.872667	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	1.99	-0.059	-3.36014	-0.31816	0.623	0.796156	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	1.47	-0.059	-3.38881	-0.86015	0.033	-0.35147	4.2	-5
Za	=	2.474	m	5.5	0.82	-0.054	-3.11476	-1.32531	-0.559	-1.46771	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.060	rad	6	0.09	-0.045	-2.56248	-1.67209	-1.102	-2.45283	4.2	-5
$\Xi_z$	=	4.218	rad	6.5	-0.64	-0.031	-1.7813	-1.8695	-1.546	-3.21886	4.2	-5
$\Xi_a$	=	0.263	rad	7	-1.32	-0.015	-0.841	-1.89991	-1.852	-3.69735	4.2	-5
				7.5	-1.88	0.003	0.174424	-1.76061	-1.992	-3.84557	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				8	-2.27	0.020	1.174264	-1.46404	-1.955	-3.65027	4.2	-5
$\lambda_w$	=	171.217	m	8.5	-2.46	0.036	2.069212	-1.03669	-1.743	-3.12891	4.2	-5
$\mu$	=	180°		9	-2.43	0.049	2.779322	-0.51674	-1.375	-2.32805	4.2	-5
Hw	=	4.000	m	9.5	-2.18	0.057	3.241164	0.049372	-0.885	-1.31924	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.000	m	10	-1.74	0.060	3.413483	0.611073	-0.315	-0.19258	4.2	-5
				10.5	-1.14	0.057	3.280885	1.11819	0.283	0.951287	4.2	-5
Zba	=	1.909	m									
$\Xi_b$	=	-0.962	rad									
$\omega_e$	=	0.600	rad/s									
T	=	10.472	s									
Ke	=	0.036697248										
(Zbr)a	=	3.846	m									
$\Xi_{br}$	=	-1.338	rad									
ar	=	1.384404823	rad.m/s <sup>2</sup>									

> Elevasi permukaan air di haluan :  
 $\zeta_b = \zeta_a \cos(k_a \xi - \omega_a t)$

**Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian Streamer dengan Pembebanan Light Load**

**Hs 5 m, Heading 150° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG**

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_\theta$ (rad)	$\xi_\theta$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
$\xi = 39.4$ m				0	-1.47	0.072	4.120379	1.365025	0.374	1.110611	4.2	-5
Hs = 5 m				0.5	-0.60	0.063	3.607858	1.88239	1.237	2.44344	4.2	-5
				1	0.32	0.048	2.773058	2.231607	1.989	3.558003	4.2	-5
				1.5	1.22	0.030	1.69055	2.38148	2.564	4.354741	4.2	-5
				2	2.00	0.008	0.457029	2.318624	2.910	4.762482	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	2.61	-0.014	-0.81732	2.048651	2.996	4.744805	4.2	-5
Hs	=	5.000	m	3	2.98	-0.035	-2.01865	1.595679	2.814	4.303289	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	3.09	-0.053	-3.03967	1.000169	2.381	3.477373	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	2.92	-0.066	-3.78916	0.315317	1.735	2.340834	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	2.49	-0.073	-4.20018	-0.3977	0.934	0.995195	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	1.84	-0.074	-4.23601	-1.07519	0.050	-0.43934	4.2	-5
Za	=	3.092	m	5.5	1.02	-0.068	-3.89345	-1.65664	-0.839	-1.83463	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.074	rad	6	0.11	-0.056	-3.20309	-2.09011	-1.652	-3.06604	4.2	-5
$\xi_z$	=	4.218	rad	6.5	-0.81	-0.039	-2.22662	-2.33687	-2.319	-4.02357	4.2	-5
$\epsilon_a$	=	0.263	rad	7	-1.65	-0.018	-1.05125	-2.37489	-2.778	-4.62169	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				7.5	-2.35	0.004	0.21803	-2.20076	-2.989	-4.80696	4.2	-5
$\lambda_w$	=	171.217	m	8	-2.84	0.026	1.467831	-1.83005	-2.932	-4.56284	4.2	-5
$\mu$	=	180°		8.5	-3.07	0.045	2.586515	-1.29587	-2.615	-3.91114	4.2	-5
Hw	=	6.000	m	9	-3.03	0.061	3.474153	-0.64592	-2.063	-2.91007	4.2	-5
$\xi_a$	=	3.000	m	9.5	-2.72	0.071	4.051455	0.061715	-1.327	-1.64905	4.2	-5
				10	-2.17	0.074	4.266854	0.763842	-0.473	-0.24072	4.2	-5
				10.5	-1.42	0.072	4.101106	1.397737	0.424	1.189109	4.2	-5
				1								
Zba	=	2.386	m	<div>           ➤ Elevasi permukaan air di haluan :  <math>\zeta_b = \zeta_a \cos(k_e \xi - \omega_e t)</math> </div>								
$\epsilon_b$	=	-0.962	rad									
$\omega_e$	=	0.600	rad/s									
T	=	10.472	s									
Ke	=	0.036697248										
(Zbr)a	=	4.808	m									
$\epsilon_{br}$	=	-1.338	rad									
ar	=	1.730506029	rad.m/s <sup>2</sup>									

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Light Load*

Hs 6 m, Heading 150°, Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_\theta$ (rad)	$\xi_\theta$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
$\xi = 39.4$ m				0	-1.76	0.086	4.944454	1.63803	0.374	1.332733	4.2	-5
Hs = 6 m				0.5	-0.72	0.076	4.32943	2.258868	1.237	2.932127	4.2	-5
				1	0.39	0.058	3.32767	2.677928	1.989	4.269604	4.2	-5
				1.5	1.46	0.035	2.02866	2.857776	2.564	5.225689	4.2	-5
				2	2.41	0.010	0.548435	2.782348	2.910	5.714979	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	3.13	-0.017	-0.98078	2.458381	2.996	5.693767	4.2	-5
Hs	=	6.000	m	3	3.58	-0.042	-2.42238	1.914814	2.814	5.163947	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	3.71	-0.064	-3.6476	1.200203	2.381	4.172848	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	3.51	-0.079	-4.547	0.378381	1.735	2.809001	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	2.99	-0.088	-5.04022	-0.47724	0.934	1.194234	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	2.21	-0.089	-5.08321	-1.29023	0.050	-0.52721	4.2	-5
Za	=	3.711	m	5.5	1.22	-0.082	-4.67214	-1.98797	-0.839	-2.20156	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.089	rad	6	0.14	-0.067	-3.84371	-2.50813	-1.652	-3.67925	4.2	-5
$\mathcal{E}_z$	=	4.218	rad	6.5	-0.97	-0.047	-2.67194	-2.80425	-2.319	-4.82829	4.2	-5
$\mathcal{E}_a$	=	0.263	rad	7	-1.98	-0.022	-1.2615	-2.84987	-2.778	-5.54603	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				7.5	-2.82	0.005	0.261636	-2.64092	-2.989	-5.76835	4.2	-5
$\lambda_w$	=	171.217	m	8	-3.41	0.031	1.761397	-2.19606	-2.932	-5.47541	4.2	-5
$\mu$	=	180°		8.5	-3.69	0.054	3.103817	-1.55504	-2.615	-4.69337	4.2	-5
Hw	=	6.000	m	9	-3.64	0.073	4.168983	-0.77511	-2.063	-3.49208	4.2	-5
$\zeta_a$	=	3.000	m	9.5	-3.27	0.085	4.861747	0.074058	-1.327	-1.97885	4.2	-5
				10	-2.60	0.089	5.120224	0.91661	-0.473	-0.28886	4.2	-5
				10.5	-1.71	0.086	4.921328	1.677284	0.424	1.42693	4.2	-5
				1								
Zba	=	2.863	m	Elevasi permukaan air di haluan :								
$\mathcal{E}_b$	=	-0.962	rad	$\zeta_b = \zeta_a \cos(k_x \xi - \omega_e t)$								
$\omega_e$	=	0.600	rad/s									
T	=	10.472	s									
Ke	=	0.036697248										
(Zbr)a	=	5.770	m									
$\mathcal{E}_{br}$	=	-1.338	rad									
ar	=	2.076607235	rad.m/s <sup>2</sup>									

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Light Load*

Hs 4 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_{\theta}$ (rad)	$\xi_{\theta}$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
$\xi$	=	39.4	m	0	0.28	0.03	1.98	1.64	-0.25	1.59	4.2	-5
Hs	=	4	m	0.5	0.79	0.03	1.58	1.88	0.40	2.60	4.2	-5
				1	1.22	0.02	1.02	1.92	1.00	3.34	4.2	-5
				1.5	1.51	0.01	0.36	1.76	1.50	3.73	4.2	-5
				2	1.65	-0.01	-0.35	1.41	1.84	3.72	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	1.62	-0.02	-1.02	0.92	1.99	3.33	4.2	-5
Hs	=	4.000	m	3	1.42	-0.03	-1.58	0.33	1.94	2.59	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	1.07	-0.03	-1.97	-0.29	1.67	1.58	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	0.60	-0.04	-2.16	-0.88	1.24	0.40	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	0.08	-0.04	-2.13	-1.39	0.67	-0.82	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	-0.46	-0.03	-1.87	-1.74	0.04	-1.95	4.2	-5
Za	=	1.663	m	5.5	-0.94	-0.02	-1.41	-1.91	-0.60	-2.88	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.038	rad	6	-1.33	-0.01	-0.81	-1.89	-1.18	-3.51	4.2	-5
$\xi_z$	=	4.883	rad	6.5	-1.58	0.00	-0.12	-1.66	-1.64	-3.77	4.2	-5
$\epsilon_a$	=	0.432	rad	7	-1.66	0.01	0.58	-1.26	-1.92	-3.64	4.2	-5
				7.5	-1.57	0.02	1.22	-0.73	-2.00	-3.12	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				8	-1.32	0.03	1.73	-0.13	-1.87	-2.28	4.2	-5
$\lambda_w$	=	145.889	m	8.5	-0.92	0.04	2.06	0.50	-1.55	-1.20	4.2	-5
$\mu$	=	180°		9	-0.43	0.04	2.18	1.06	-1.06	0.01	4.2	-5
Hw	=	4.000	m	9.5	0.10	0.04	2.06	1.52	-0.46	1.21	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.000	m	10	0.63	0.03	1.73	1.82	0.18	2.29	4.2	-5
				10.5	1.09	0.02	1.22	1.93	0.81	3.13	4.2	-5
Zba	=	1.929	m									
$\epsilon_b$	=	-0.553	rad									
$\omega_e$	=	0.650	rad/s									
T	=	9.666	s									
Ke	=	0.043068298										
(Zbr)a	=	3.776	m									
$\epsilon_{br}$	=	-1.136	rad									
ar	=	1.593032671	rad.m/s <sup>2</sup>									

➤ Elevasi permukaan air di haluan :  
 $\zeta_b = \zeta_a \cos(k_a \xi - \omega_a t)$

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Light Load*

Hs 5 m, Heading 120°, Titik tinjau 39,4 m dari COG



Perhitungan Elevasi				t (s)	Z (m)	$\xi_0$ (rad)	$\xi_0$ (deg)	Zb (m)	$\zeta_b$ (m)	Zbr (m)	T (m)	fb (m)
$\xi =$	39.4	m		0	0.35	0.043	2.471434	2.051685	-0.314	1.988326	4.2	-5
Hs =	5	m		0.5	0.99	0.035	1.978344	2.348414	0.494	3.250992	4.2	-5
				1	1.52	0.022	1.278124	2.399267	1.251	4.173284	4.2	-5
				1.5	1.89	0.008	0.444087	2.198921	1.876	4.658639	4.2	-5
				2	2.07	-0.008	-0.43645	1.76835	2.306	4.656241	4.2	-5
$\xi$	=	39.400	m	2.5	2.03	-0.022	-1.27128	1.152636	2.494	4.166342	4.2	-5
Hs	=	5.000	m	3	1.77	-0.034	-1.97302	0.416243	2.420	3.240233	4.2	-5
L	=	76.200	m	3.5	1.33	-0.043	-2.46818	-0.36373	2.094	1.974876	4.2	-5
T	=	4.200	m	4	0.75	-0.047	-2.70493	-1.10562	1.548	0.502752	4.2	-5
fb	=	5.000	m	4.5	0.10	-0.046	-2.65848	-1.73176	0.840	-1.02201	4.2	-5
Vs	=	15.000	m	5	-0.57	-0.041	-2.33368	-2.17658	0.044	-2.43977	4.2	-5
Za	=	2.079	m	5.5	-1.18	-0.031	-1.76456	-2.39352	-0.756	-3.60209	4.2	-5
$\Theta_a$	=	0.047	rad	6	-1.66	-0.018	-1.01069	-2.35986	-1.478	-4.38727	4.2	-5
$\Xi_z$	=	4.883	rad	6.5	-1.98	-0.003	-0.151	-2.07912	-2.044	-4.71311	4.2	-5
$\Xi_a$	=	0.432	rad	7	-2.08	0.013	0.724503	-1.58071	-2.397	-4.5455	4.2	-5
Berada diatas gelombang reguler				7.5	-1.96	0.027	1.524148	-0.91679	-2.498	-3.90198	4.2	-5
$\lambda_w$	=	145.889	m	8	-1.65	0.038	2.164216	-0.1569	-2.338	-2.84993	4.2	-5
$\mu$	=	180°		8.5	-1.15	0.045	2.577695	0.619431	-1.934	-1.4995	4.2	-5
Hw	=	5.000	m	9	-0.54	0.047	2.721292	1.330904	-1.326	0.007934	4.2	-5
$\xi_a$	=	2.500	m	9.5	0.13	0.045	2.579974	1.903033	-0.580	1.514534	4.2	-5
				10	0.78	0.038	2.168537	2.275917	0.226	2.862564	4.2	-5
				10.5	1.36	0.027	1.530057	2.410516	1.010	3.910887	4.2	-5
Zba	=	2.411	m	<div>➤ Elevasi permukaan air di haluan :</div> <div><math>\zeta_b = \zeta_w \cos(k_e \xi - \omega_e t)</math></div>								
$\Xi_b$	=	-0.553	rad									
$\omega_e$	=	0.650	rad/s									
T	=	9.666	s									
Ke	=	0.043068298										
(Zbr)a	=	4.720	m									
$\Xi_{br}$	=	-1.136	rad									
ar	=	1.991290839	rad.m/s <sup>2</sup>									

Perhitungan Elevasi pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Light Load*

Hs 5 m, Heading 120° ,Titik tinjau 39,4 m dari COG

[illegible]



## Perhitungan *Slamming* pada Kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

Titik Tinjau 39.4 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180.0	4.0	0.00	0.0	0	-11.50
	5.0	0.01	0.0	3	12.73
	6.0	0.03	0.0	13	42.34
150.0	4.0	0.00	0.0	0.0	-13.59
	5.0	0.00	0.0	2	9.07
	6.0	0.02	0.0	11	36.75
120.0	4.0	0.00	0.0	0.0	-13.18
	5.0	0.00	0.0	2	11.05
	6.0	0.03	0.003	12	40.67

Titik Tinjau 35.81 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.00	0.00	0.08	-13.26
	5	0.00	0.00	1.44	5.09
	6	0.02	0.00	9.87	33.12
150	4	0.00	0.00	0.07	-16.08
	5	0.00	0.00	1.68	6.99
	6	0.02	0.00	9.45	35.19
120	4	0.00	0.00	0.02	-20.89
	5	0.00	0.00	0.85	0.04
	6	0.01	0.00	5.90	25.61

Titik Tinjau 32.22 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.00	0.00	0.07	-14.38
	5	0.00	0.00	1.69	6.91
	6	0.02	0.00	9.40	32.93
150	4	0.00	0.00	0.07	-16.56
	5	0.00	0.00	1.62	6.58
	6	0.02	0.00	9.23	34.87
120	4	0.00	0.00	0.03	-21.50
	5	0.00	0.00	0.89	0.37
	6	0.01	0.00	6.13	27.10

Titik Tinjau 28.63 dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.00	0.00	0.07	-15.68
	5	0.00	0.00	1.68	7.07
	6	0.02	0.00	9.44	34.87
150	4	0.00	0.00	0.06	-17.50
	5	0.00	0.00	1.51	5.82
	6	0.02	0.00	8.81	34.32
120	4	0.00	0.00	0.02	-22.20
	5	0.00	0.00	0.83	-0.33
	6	0.01	0.00	5.87	26.40

### Perhitungan *Slamming* pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Full Load*

Titik Tinjau 39.4 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.000	0.0000	0.0	-32.98
	5	0.000	0.0000	0.0	-20.18
	6	0.001	0.0001	0.5	-4.53
150	4	0.000	0.0000	0.0	-29.41
	5	0.000	0.0000	0.1	-14.64
	6	0.003	0.0003	1.2	3.41
120	4	0.000	0.0000	0.2	-6.49
	5	0.000	0.0000	0.0	-16.77
	6	0.002	0.0003	1.1	0.69

Titik Tinjau 35.81 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.000	0.000	0.000	-57.82
	5	0.000	0.000	0.000	-47.08
	6	0.000	0.000	0.006	-33.96
150	4	0.000	0.000	0.000	-32.17
	5	0.000	0.000	0.040	-18.34
	6	0.001	0.000	0.703	-1.43
120	4	0.000	0.000	0.000	-32.88
	5	0.000	0.000	0.028	-19.60
	6	0.001	0.000	0.552	-3.37

Titik Tinjau 32.22 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.000	0.00	0.00	-60.72
	5	0.000	0.00	0.00	-50.30
	6	0.000	0.00	0.00	-37.56
150	4	0.000	0.00	0.00	-53.73
	5	0.000	0.00	0.00	-42.27
	6	0.000	0.00	0.02	-28.27
120	4	0.000	0.00	0.00	-35.39
	5	0.000	0.00	0.01	-22.57
	6	0.001	0.00	0.35	-6.90

Titik Tinjau 28.63 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.000	0.00	0.00	-44.07
	5	0.000	0.00	0.00	-49.23
	6	0.000	0.00	0.00	-36.17
150	4	0.000	0.00	0.00	-62.60
	5	0.000	0.00	0.00	-52.34
	6	0.000	0.00	0.00	-39.79
120	4	0.000	0.00	0.00	-37.62
	5	0.000	0.00	0.01	-25.05
	6	0.001	0.00	0.25	-9.69

### Perhitungan *Slamming* pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Light Load*

Titik Tinjau 39.4 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.000	0.0000	0	-32.69
	5	0.000	0.0000	0	-19.97
	6	0.001	0.0001	0	-4.41
150	4	0.000	0.0000	0	-28.69
	5	0.000	0.0000	0	-13.92
	6	0.003	0.0004	1	4.14
120	4	0.000	0.0000	0	-29.16
	5	0.000	0.0000	0	-15.44
	6	0.002	0.0003	1	1.34

Titik Tinjau 35.81 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.000	0.0000	0.0	-44.6850735
	5	0.000	0.0000	0.0	-47.6967197
	6	0.000	0.0000	0.0	-34.6594384
150	4	0.000	0.0000	0.0	-31.4127527
	5	0.000	0.0000	0.0	-17.6352015
	6	0.002	0.0002	0.8	-0.7959723
120	4	0.000	0.0000	0.0	-31.8014416
	5	0.000	0.0000	0.0	-18.3158441
	6	0.001	0.0002	0.7	-1.8334473

Titik Tinjau 32.22 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.000	0.0000	0.00	-61.1964308
	5	0.000	0.0000	0.00	-50.7797057
	6	0.000	0.0000	0.00	-38.0481529
150	4	0.000	0.0000	0.00	-52.7026014
	5	0.000	0.0000	0.00	-41.3454519
	6	0.000	0.0000	0.02	-27.4644913
120	4	0.000	0.0000	0.00	-34.3003306
	5	0.000	0.0000	0.02	-21.2668200
	6	0.001	0.0001	0.43	-5.3369736

Titik Tinjau 28.63 m dari COG					
Tabel Variasi Hs dan Heading					
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2					
Heading	Hs	Pr(slam)	N slam (detik)	N slam ( 1 jam)	Ps (kpa)
180	4	0.000	0.0000	0.00	-59.3969252
	5	0.000	0.0000	0.00	-48.4805689
	6	0.000	0.0000	0.01	-35.1383556
150	4	0.000	0.0000	0.00	-54.0589869
	5	0.000	0.0000	0.00	-43.2912989
	6	0.000	0.0000	0.01	-28.8960583
120	4	0.000	0.0000	0.00	-36.4517749
	5	0.000	0.0000	0.01	-23.6620019
	6	0.001	0.0001	0.31	-8.0300571





## Perhitungan *Greenwater* pada Kondisi Tanpa Pengoperasian *Streamer*

Titik Tinjau 39,4 dari COG										
Tabel Variasi Hs dan Heading										
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2 ; (Fb) = 5										
Heading	Hs	m <sub>o</sub>	T <sub>0</sub>	Pf(greenwater)	N greenwater (jam)	N greenwater (detik)	Aw (m <sup>2</sup> )	Volume Air (m <sup>3</sup> )	a <sub>r</sub>	F
180	4	1.12	10.07	0.0000	0.0051	0.0000	9.8	13.249	2.425609	3
	5	1.75	10.07	0.0008	0.2819	0.0001	18.97	25.69631557	3.002072	7
	6	2.52	10.07	0.0070	2.5019	0.0007	28.08	38.00667885	3.602486	1
150	4	1.06	9.96	0.0000	0.0027	0.0000	6.32	8.622846336	2.301964	2
	5	1.66	9.96	0.0005	0.1915	0.0001	14.12	19.54003783	3.333491	6
	6	2.39	9.96	0.0053	1.9193	0.0005	23.02	31.37496739	4.000189	1
120	4	1.09	9.84	0.0000	0.0036	0.0000	7.16	9.712457606	2.622661	2
	5	1.70	9.84	0.0006	0.2305	0.0001	16.53	22.4245891	3.278326	7
	6	2.44	9.84	0.0060	2.1910	0.0006	24.23	32.88291156	3.933991	1

Titik Tinjau 35,81 m dari COG										
Tabel Variasi Hs dan Heading										
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2 ; (Fb) = 5										
Heading	Hs	m <sub>o</sub>	T <sub>0</sub>	Pf(greenwater)	N greenwater (jam)	N greenwater (detik)	Aw (m <sup>2</sup> )	Volume Air (m3)	a <sub>r</sub>	F
180	4	1.05	10.26	0.0000	0.0023	0.0000	5.42	12.5496	2.359225	3
	5	1.57	10.39	0.0004	0.1226	0.0000	11.18	23.8716	2.874303	7
	6	2.35	10.26	0.0049	1.7331	0.0005	16.86	36	3.553128	1
150	4	1.02	9.66	0.0000	0.0017	0.0000	3.817	6.696245734	2.09652	1
	5	1.59	9.66	0.0004	0.1438	0.0000	9.93	18.15248439	3.293169	6
	6	2.29	9.66	0.0043	1.5876	0.0004	14.52	29.71843003	3.951803	1
120	4	0.91	9.59	0.0000	0.0004	0.0000	4.04	9.199658703	2.577322	2
	5	1.42	9.59	0.0001	0.0555	0.0000	9.84	20.8322014	3.221653	6
	6	2.04	9.59	0.0022	0.8219	0.0002	14.83	31.14675768	3.865983	1

Titik Tinjau 32,22 dari COG										
Tabel Variasi Hs dan Heading										
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2 ; (Fb) = 5										
Heading	Hs	m <sub>o</sub>	T <sub>0</sub>	Pf(greenwater)	N greenwater (jam)	N greenwater (detik)	Aw (m <sup>2</sup> )	Volume Air (m3)	a <sub>r</sub>	F
180	4	1.03	10.29	0.0000	0.0018	0.0000	4.44	8.937273114	2.278526	2
	5	1.61	10.29	0.0004	0.1464	0.0000	10.03	20.18941571	2.89718	
	6	2.31	10.29	0.0045	1.5771	0.0004	15.54	31.28202	3.476616	1
150	4	1.01	9.59	0.0000	0.0016	0.0000	3.142	5.509051986	2.215295	1
	5	1.58	9.59	0.0004	0.1363	0.0000	9.55	15.35247128	3.200848	5
	6	2.27	9.59	0.0041	1.5334	0.0004	13.7	25.82368119	3.841018	1
120	4	0.91	9.45	0.0000	0.0004	0.0000	3.176	6.551592273	2.484175	1
	5	1.42	9.45	0.0002	0.0588	0.0000	8.76	17.61884307	3.105218	5
	6	2.05	9.45	0.0023	0.8593	0.0002	13.73	27.06481935	3.726262	1

### Perhitungan *Greenwater* pada Kondisi Pengoperasian *Streamer* dengan Pembebanan *Full Load*

Titik Tinjau 39,4 dari COG										
Tabel Variasi Hs dan Heading										
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2 ; (Fb) = 5										
Heading	Hs	m <sub>o</sub>	T <sub>0</sub>	Prob <sub>dwetness</sub>	N <sub>dwetness</sub> (jam)	N <sub>dwetness</sub> (detik)	Aw (m <sup>2</sup> )	Volume Air (m <sup>3</sup> )	a <sub>r</sub>	Fw
180	4	0.58	9.953	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.395	
	5	0.90	9.953	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.002	
	6	1.30	9.953	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000	3.602	
150	4	0.67	9.864	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.302	
	5	1.04	9.864	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	3.333	
	6	1.50	9.864	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	4.000	
120	4	0.63	9.944	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.623	
	5	0.98	9.944	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	3.278	
	6	1.42	9.944	0.000	0.053	0.000	0.000	0.000	3.934	

Titik Tinjau 35,81 m dari COG										
Tabel Variasi Hs dan Heading										
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2 ; (Fb) = 5										
Heading	Hs	m <sub>o</sub>	T <sub>0</sub>	Pf(greenwater)	greenwater (ja	greenwater (deti	Aw (m <sup>2</sup> )	Volume Air (m3)	a <sub>r</sub>	Fw
180	4	0.35	8.77	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	2.698525	
	5	0.55	8.77	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	3.513909	
	6	0.79	8.77	0.0000	0.0001	0.0000	0	0	4.211591	
150	4	0.67	9.84	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	2.708393	
	5	0.96	9.84	0.0000	0.0008	0.0000	0	0	3.424498	
	6	1.38	9.84	0.0001	0.0431	0.0000	0	0	4.109397	
120	4	0.59	9.88	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	2.68378	
	5	0.93	9.88	0.0000	0.0005	0.0000	0	0	3.354724	
	6	1.33	9.88	0.0001	0.0309	0.0000	0	0	4.025669	

Titik Tinjau 32,22 dari COG										
Tabel Variasi Hs dan Heading										
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2 ; (Fb) = 5										
Heading	Hs	m <sub>o</sub>	T <sub>0</sub>	Pf(greenwater)	greenwater (jam)	greenwater (detik)	Aw (m <sup>2</sup> )	Volume Air (m3)	a <sub>r</sub>	Fw
180	4	0.33	9.27	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	2.544031	
	5	0.52	9.27	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	3.340776	
	6	0.74	9.27	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	4.008931	
150	4	0.39	9.33	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	2.709417	
	5	0.61	9.33	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	3.241137	
	6	0.87	9.33	0.0000	0.0002	0.0000	0	0	3.889365	
120	4	0.56	10.15	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	2.541599	
	5	0.87	10.15	0.0000	0.0002	0.0000	0	0	3.176999	
	6	1.25	10.15	0.0000	0.0160	0.0000	0	0	3.812398	

### Perhitungan Greenwater pada Kondisi Pengoperasian Streamer dengan Pembebanan Light Load

Titik Tinjau 39,4 dari COG										
Tabel Variasi Hs dan Heading										
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2 ; (Fb) = 5										
Heading	Hs	m <sub>o</sub>	T <sub>0</sub>	Pf(greenwater)	N greenwater (jam)	N greenwater (detik)	Aw (m <sup>2</sup> )	Volume Air (m <sup>3</sup> )	a <sub>r</sub>	
180	4	0.58	9.99	0.0000	0.0000	0.0000	0	0.000	1.349297	
	5	0.91	9.99	0.0000	0.0004	0.0000	0	0	1.686622	
	6	1.31	9.99	0.0001	0.0250	0.0000	0	0	2.023946	
150	4	0.68	9.91	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	1.384405	
	5	1.06	9.91	0.0000	0.0027	0.0000	0	0	1.730506	
	6	1.52	9.91	0.0003	0.1001	0.0000	0	0	2.076607	
120	4	0.65	10.01	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	1.593033	
	5	1.01	10.01	0.0000	0.0015	0.0000	0	0	1.991291	
	6	1.45	10.01	0.0002	0.0665	0.0000	0	0	2.389549	

Titik Tinjau 35,81 m dari COG										
Tabel Variasi Hs dan Heading										
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2 ; (Fb) = 5										
Heading	Hs	m <sub>o</sub>	T <sub>0</sub>	Pf(greenwater)	N greenwater (jam)	N greenwater (detik)	Aw (m <sup>2</sup> )	Volume Air (m3)	a <sub>r</sub>	
180	4	0.45	9.36	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	0.176942	
	5	0.54	9.36	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	0.221177	
	6	0.78	9.36	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	0.441452	
150	4	0.68	9.90	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	1.35467	
	5	0.97	9.90	0.0000	0.0009	0.0000	0	0	1.693338	
	6	1.40	9.90	0.0001	0.0475	0.0000	0	0	2.032006	
120	4	0.61	9.93	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	1.542288	
	5	0.95	9.93	0.0000	0.0007	0.0000	0	0	1.925636	
	6	1.37	9.93	0.0001	0.0399	0.0000	0	0	2.310763	

Titik Tinjau 32,22 dari COG									
Tabel Variasi Hs dan Heading									
Sarat air di haluan (Tb) = 4,2 ; (Fb) = 5									
Heading	Hs	m <sub>o</sub>	T <sub>0</sub>	Pf(greenwater)	N greenwater (jam)	N greenwater (detik)	Aw (m <sup>2</sup> )	Volume Air (m3)	a <sub>r</sub>
180	4	0.33	9.25	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	-0.25511
	5	0.51	9.25	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	1.686622
	6	0.74	9.25	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	0.272957
150	4	0.39	9.43	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	0.390037
	5	0.61	9.43	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	0.487547
	6	0.88	9.43	0.0000	0.0003	0.0000	0	0	0.585056
120	4	0.57	10.19	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	1.526623
	5	0.89	10.19	0.0000	0.0003	0.0000	0	0	1.824172
	6	1.29	10.19	0.0001	0.0212	0.0000	0	0	2.189007

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dibuat berdasarkan pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Respon struktur Kapal Survei Seismik Geomarin IV akibat beban gelombang adalah sebagai berikut :
  - a) RAO Kapal Survei Seismik Geomarin IV pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan kecepatan 15 knot dan pembebanan *full load* ialah sebagai berikut:
    - *Heave* terbesar terjadi pada sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 1.3 (m/m)
    - *Pitch terbesar* terjadi pada sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 1.01 (deg/m)
  - b) RAO Kapal Survei Seismik Geomarin IV pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan kecepatan 5 knot dan pembebanan *full load* ialah sebagai berikut:
    - *Heave* terbesar terjadi pada sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 1.5 (m/m)
    - *Pitch terbesar* terjadi pada sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 2. (deg/m)
  - c) RAO Kapal Survei Seismik Geomarin IV pada kondisi pengoperasian *streamer* dengan kecepatan 5 knot dan pembebanan *light load* ialah sebagai berikut:
    - *Heave* terbesar terjadi pada sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 1.554 (m/m)
    - *Pitch terbesar* terjadi pada sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 2.32 (deg/m)

2. Hasil perhitungan *slamming* yaitu peluang, intensitas dan tekanan akibat *slamming* ialah sebagai berikut:
  - a) Peluang *slamming* terbesar terjadi pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan kecepatan 15 knot, pembebenan *full load* , tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) meter dan sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 0.0 atau %.
  - b) Intensitas *slamming* terbesar terjadi pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan dengan kecepatan 15 knot, pembebenan *full load* , tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) meter dan sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 13 kali kejadian setiap jamnya.
  - c) Tekanan *slamming* terbesar didapatkan pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan dengan kecepatan 15 knot, pembebenan *full load* , tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) meter dan sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 42.34 kPa
3. Hasil perhitungan *greenwater* yaitu peluang, intensitas dan tekanan akibat *greenwater* ialah sebagai berikut:
  - a) Peluang *greenwater* terbesar terjadi pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan kecepatan 15 knot, pembebenan *full load* , tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) meter dan sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 0.05 atau 5. %.
  - b) Intensitas *greenwater* terbesar terjadi pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan dengan kecepatan 15 knot, pembebenan *full load* , tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) meter dan sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 20 kali kejadian setiap jamnya.
  - c) Tekanan *greenwater* terbesar didapatkan pada kondisi tanpa pengoperasian *streamer* dengan dengan kecepatan 15 knot, pembebenan *full load* , tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) meter dan sudut arah datang gelombang 10 yaitu sebesar 14.7 kPa
4. Analisis tegangan pada struktur alas bagian haluan Kapal Survei Seismik Geomarin IV dilakukan pada *frame 112* hingga 118 dan didapatkan tegangan maksimum sebesar 27.57 MPa dengan deformasi 0.37 mm. Nilai tegangan

maksimum tersebut masih lebih kecil jika dibandingkan dengan tegangan ijin yang dianjurkan oleh ABS "*Safehull-Dynamic Loading Approach for Vessel*" dengan *allowable stress* sebesar 223.25 MPa dan ketentuan BKI ("*Rules For Hull Vol. II*" *Section III, 3-7/24*) yaitu dengan *allowable stress* sebesar 195.83 MPa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa konstruksi alas bagian haluan Kapal Survei Seismik Geomarin IV dapat dikategorikan aman terhadap beban *slamming*

5. Analisis tegangan pada struktur geladak bagian haluan Kapal Survei Seismik Geomarin IV dilakukan pada *frame 112* hingga 121 dan didapatkan tegangan maksimum sebesar 95.319 MPa dengan deformasi 3.0869 mm. Nilai tegangan maksimum tersebut masih lebih kecil jika dibandingkan dengan tegangan ijin yang dianjurkan oleh ABS "*Safehull-Dynamic Loading Approach for Vessel*" dengan *allowable stress* sebesar 223.25 MPa dan ketentuan BKI ("*Rules For Hull Vol. II*" *Section III, 3-7/24*) yaitu dengan *allowable stress* sebesar 195.83 MPa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa konstruksi alas bagian haluan Kapal Survei Seismik Geomarin IV dapat dikategorikan aman terhadap beban *greenwater*

## **5.2. Saran**

Berikut ini adalah saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil kajian dalam tugas akhir ini. Diharapkan saran berikut ini dapat digunakan sebagai acuan studi mengenai kapal survei seismik Geomarin IV terutama yang berhubungan dengan aspek *slamming* dan *greenwater*.

1. Tekanan akibat *slamming* dan *greenwater* dapat berpengaruh terhadap terjadinya *hogging* dan *sagging* pada kapal sehingga dapat mempengaruhi kekuatan memanjang pada kapal. Berdasarkan hal tersebut tekanan akibat *slamming* dan *greenwater* dapat dijadikan parameter tambahan dalam analisis kekuatan memanjang kapal khususnya pada kapal survei seismik *Geomarin IV* ini.
2. Penambahan variasi sudut arah datang gelombang seperti arah 90 (*beam seas*)

## DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau of Shipping (ABS). 2014, *Safehull-Dynamic Loading Approach for Vessel*, USA.
- American Bureau of Shipping (ABS). 2011. *Slamming Loads and Strength Assesment for Vessels*. USA
- Bhattacharyya. R., 1978, Dynamics of Marine Vehicles, New York: John Wiley & Sons Inc.
- Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). 2014, *Rules For Hull*. Vol. II, Jakarta, Indonesia
- Buchner, B. 1995, *The Impact of Greenwater on FPSO*, OTC 7698. Houston
- Chakrabarti, S. K., 1987, Hydrodynamics of Offshore Structures, USA: Computational Mechanics Publications Southampton.
- Chakrabarti, S. K., 2005, Handbook of Offshore Engineering, Volume II, Offshore Structure Analysis, Inc., Plainfield, Illinois, USA.
- Construction Profile kapal survei seismik Geomarin IV*. 2016. PT. Citra Mas. Surabaya
- Darmawan, Iwan., 2012, “*Analisa Slamming Offshore Patrol Boat*”, Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
- Dawson, Thomas H., 1983, Offshore Structural Engineering, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Djarmiko, E.B. 2002. “Simple Approaches in the Prediction of SWATH Ship Slamming at Early Design Stage”, Proc. of 3rd Regional Conf. on Marine Technology, The System Operational Success in the Marine Environment, MARTEC2002, Surabaya



- Djatismiko, E.B., 2012, "*Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut Di Atas Gelombang Acak*", ITS Press, Surabaya, Indonesia.
- F. Tasai. Ship Motions in Beam Waves. Technical Report, 1965, Vol. XIII, No. 45, Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Japan.
- Faltinsen, O.M., 2010, "*Sea Loads and Ships and Offshore Structure*", Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- General Arrangement* kapal survei seismik Geomarin IV. 2016. PT.Citra Mas. Surabaya
- Iswara, I.D.G Ngurah Krishna., 2012, "*Evaluasi Aspek Greenwater pada Perancangan Drillship Displacement 35.000 Ton*", Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
- Laksono, B. Dwi., 2005, "*Analisa Struktur After End Bottom dari FPSO Belanak Field Development Terhadap Bottom Slamming dengan Metode FEM*", Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
- Murtedjo, M., 1990, Teori Gerak, Surabaya : Jurusan Teknik Kelautan ITS
- Perwitasari, Ratna Nita., 2008, "*Karakteristik Slamming Offshore Supply Vessel*", Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
- Scantling Calculation* kapal survei seismik Geomarin IV. 2016. PT. Citra Mas. Surabaya

## BIODATA PENULIS



**Imran Ahmad** dilahirkan di Garut pada tanggal 6 September 1994, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dengan menyelesaikan jenjang Pendidikan Dasar di SDN Gunung Batu 02, Bogor pada tahun 2000-2006. Kemudian melanjutkan pendidikan sekolah di SMPN 1 Bogor pada tahun 2006-2009 dan SMAN 1 Bogor pada tahun 2009-2012. Setelah lulus SMA pada tahun 2012, penulis

diterima di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui program mandiri dan terdaftar dengan NRP 43121000128. Selama menempuh masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan seperti PETROLIDA SPE ITS SC, OCEANO, Ocean Engineering Underwater Robotic Club, Pengurus lab. Hidrodinamika. Pada tahun 2015 penulis berkesempatan melaksanakan kerja praktek di perusahaan P.T Transalindo Eka Persada selama dua bulan. Selama masa studi strata 1 yang ditempuh selama 4 tahun, penulis tertarik dalam bidang hidrodinamika dan perancangan struktur bangunan laut terutama struktur kapal sehingga dalam tugas akhir ini mengambil topik analisis kekuatan struktur kapal

Kontak Penulis :

Email : **[imranahmadtasdik@gmail.com](mailto:imranahmadtasdik@gmail.com)**

Telepon : 085695776209

Line ID : imranahmad24